

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-101164

(43)Date of publication of application : 07.04.2000

(51)Int.Cl.

H01L 43/08

G01R 33/09

G11B 5/39

H01F 10/32

(21)Application number : 10-264464 (71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 18.09.1998 (72)Inventor : HAYASHI KAZUHIKO

(54) MAGNETORESISTANCE EFFECT ELEMENT AND MAGNETORESISTANCE EFFECT SENSOR AND DEVICE USING THE ELEMENTS

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a magnetoresistance changing element having a high change rate in resistance by forming a non-magnetic layer flat and to provide a magnetoresistance effect sensor and system having a high recording, regeneration, and output performance and a high S/N ratio.

SOLUTION: On a substrate 1, a lower shield layer 2, a lower electrode layer 3, a magnetoresistance effect element 4, an upper shield layer 5, and an upper electrode layer 6 are disposed in layers. The magnetoresistance effect element 4 is patterned into a proper size and shape by a PR process. A longitudinal bias layer 7 is so disposed as to be brought into contact with the end or part of the end of the magnetoresistance effect element 4. The magnetoresistance effect element 4 has a free magnetic layer/a non-magnetic nonconductive layer/a fixed magnetic layer/a fixing layer as a basic structure. The free magnetic layer and the fixed magnetic layer are made of amorphous material such as SoFeB , CoZrMo , CoZrNb , CoZr , CoZrTa , CoHf , CoTa , CoTaHf , CoFeTi , CoNbHf , CoHfPd , CoTaZrNb , or CoZrMoNi . Due to this structure, the non-

magnetic layer becomes flat, and thereby the rate of change is resistance is increased.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 18.09.1998

[Date of sending the examiner's
decision of rejection]

[Kind of final disposal of
application other than the
examiner's decision of rejection or
application converted registration]

[Date of final disposal for
application]

[Patent number] 3235572

[Date of registration] 28.09.2001

[Number of appeal against
examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The magneto-resistive effect component characterized by using the amorphous material which becomes a part of said free magnetic layer or said fixed magnetic layer [at least] from CoFeB, CoZrMo, CoZrNb, CoZr, CoZrTa, CoHf, CoTa, CoTaHf, CoFeTi, CoNbHf, CoHfPd, CoTaZrNb, and CoZrMoNi in the tunnel junction component which considers at least a free magnetic layer / nonmagnetic non-conductive layer / fixed magnetic layer / layer made to fix as a basic configuration.

[Claim 2] The magneto-resistive effect component characterized by using the amorphous material which becomes a part of said free magnetic layer or said fixed magnetic layer [at least] from CoFeB, CoZrMo, CoZrNb, CoZr, CoZrTa, CoHf, CoTa, CoTaHf, CoFeTi, CoNbHf, CoHfPd, CoTaZrNb, and CoZrMoNi in the tunnel junction component which considers the layer / fixed magnetic layer / nonmagnetic non-conductive layer / free magnetic

layer made to fix at least as a basic configuration.

[Claim 3] A substrate and the bottom shielding layer which the laminating was carried out on said substrate and patternized, The magneto-resistive effect component which the laminating was carried out on said bottom shielding layer, and was patternized, The vertical bias layer by which the laminating is carried out so that the edge of said magneto-resistive effect component may be touched, In the shielding mold magneto-resistive effect sensor by which the laminating of the ** is carried out to the bottom electrode layer by which the laminating was carried out on said substrate, and the shielding layer after a laminating is carried out on said vertical bias layer and said bottom electrode layer one by one The magneto-resistive effect sensor by which said ***** component is characterized by being a magneto-resistive effect component according to claim 1 or 2.

[Claim 4] A substrate and the bottom shielding layer which the laminating was carried out on said substrate and patternized, The magneto-resistive effect component which the laminating was carried out on said bottom shielding layer, and was patternized, The vertical bias layer by which the laminating is carried out so that it may lap with the upper part of said magneto-resistive effect component in part, In the shielding mold magneto-resistive effect sensor by which the laminating of the ** is carried out to the shielding layer after a laminating is carried out on the bottom electrode layer by which the laminating is carried out, and said vertical bias layer and said bottom electrode layer so that it may lap with the upper part of said magneto-resistive effect component in part one by one The magneto-resistive effect sensor by which said magneto-resistive effect component is characterized by being a magneto-resistive effect component according to claim 1 or 2.

[Claim 5] The yoke mold magneto-resistive effect head to which said magneto-resistive effect component is characterized by being a magneto-resistive effect component according to claim 1 or 2 in the yoke mold magneto-resistive effect head which has arranged the yoke through an insulating layer to a magneto-resistive effect component.

[Claim 6] The magneto-resistive effect sensor by which said magneto-resistive effect component is characterized by being a magneto-resistive effect component according to claim 1 or 2 to a magneto-resistive effect component in the flux guide mold magneto-resistive effect mold sensor which has arranged the yoke through an insulating layer.

[Claim 7] The magnetic-reluctance detection system characterized by having a means to detect resistivity change of the above-mentioned magneto-resistive effect sensor, as a function of the field which a

magneto-resistive effect sensor according to claim 3 to 6 and said magneto-resistive effect sensor detect.

[Claim 8] The magnetic storage system characterized by including the actuator means mechanically combined with said magnetic-recording system and said magnetic-reluctance detection system in order to move a magnetic-recording system, a magnetic-reluctance detection system according to claim 7, and said magnetic-recording system and said magnetic-reluctance detection system for making data memorize on the magnetic storage medium which has two or more trucks for data logging, and said magnetic storage medium to the truck with which said magnetic storage medium was chosen.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the magnetometric sensor for reading the information signal recorded on the magnetic medium.

[0002]

[Description of the Prior Art] From the former, the magnetic reading converter called a magnetic-reluctance sensor (called MR sensor) or a magnetoresistive head (called an MR head) is known. It is known that such a MR sensor etc. can read data in the front face of the magnetic substance with big linear density (linearity consistency). MR sensor uses the readout component which produces resistance change as a function of the reinforcement of the magnetic flux sensed, and the direction of magnetic flux, and detects a field signal as resistance change. Such an above-mentioned reading component of the conventional MR sensor changes in proportion to the square of the cosine of the include angle which the direction of magnetization where one component (the 1 direction component) of the resistance is impressed to the readout component, and the direction of perception current which flows the inside of the component make. The effectiveness which produces such resistance change is called the anisotropy magnetic-reluctance (AMR) effectiveness.

[0003] More detailed explanation of the AMR effectiveness is indicated by paper "Memor(ies)", such as D.A. Thompson (Thompson), Storage, and

Related Applications" IEEE Trans. on Mag. MAG-11, and P.1039 (1975). In the magnetic head using such AMR effectiveness, in order to oppress a Barkhausen noise, vertical bias is impressed in many cases. And antiferromagnetism ingredients, such as FeMn, NiMn, and a nickel oxide, may be used as an ingredient which impresses this vertical bias.

[0004] Furthermore in recently, the case where resistance change of a laminating magnetometric sensor produces a more remarkable magneto-resistive effect is known. This magneto-resistive effect originates in spin dependency dispersion in respect of [which accompanies spin dependency transmission and it of an electrical conduction electron between the magnetic layers located on both sides of a non-magnetic layer] a boundary.

[0005] Such a magneto-resistive effect is called by various names, such as "giant magneto-resistance" and the "spin bulb effectiveness." The magnetic-reluctance sensor using such magnetic-reluctance-ization is formed with the suitable ingredient, and sensibility is improved from the sensor using the AMR effectiveness mentioned above, and it is known that resistance change is large. Thus, by improved MR sensor, the flat-surface internal resistance between the ferromagnetic layers of the couple separated by the non-magnetic layer changes in proportion to the cosine of the include angle which the magnetization direction of two layers makes.

[0006] The laminating magnetism structure of resulting in high MR change produced by anti-parallel alignment of the magnetization in a magnetic layer to JP,2-61572,A which makes June 16, 1988 a preferential day is indicated. Moreover, ferromagnetic transition metals and a ferromagnetic alloy are mentioned to the above-mentioned official report as an usable ingredient by this laminated structure. Moreover, it is indicated by this number official report that FeMn is suitable as the structure which added "the layer made to fix" to one side of the two-layer ferromagnetism [at least] layer separated by the interlayer, and this layer made to fix.

[0007] It has the two-layer thin film layer of the ferromagnetic divided by the thin film layer of a non-magnetic metal object, and when an impression field is 0, MR sensor by which the magnetization direction of two ferromagnetic thin membrane layers intersects perpendicularly is indicated by JP,4-358310,A which makes December 11, 1990 a preferential day. The purport that this MR sensor has the resistance independent of the direction of the current which changes in proportion to the cosine of the include angle between the two magnetization directions of a layer, and passes along the inside of a sensor between two uncombined

ferromagnetic layers is indicated by this number official report.

[0008] The ferromagnetic tunnel junction component which inserted other interlayers in the ferromagnetic layer and was made into the multilayer is shown in JP, 4-103014, A which makes August 22, 1990 a preferential day. This ferromagnetic tunnel joint component is characterized by impressing the bias field from the antiferromagnetic substance to much more ferromagnetic layer at least.

[0009] Moreover, the example which used NiFe as Co and a fixed magnetic layer as a free magnetic layer of a tunnel junction component is indicated by 135 pages in the collection of the Magnetics Society of Japan academic lecture outlines, and 1996.

[0010] Furthermore, disclosure is made by JP, 10-65232, A as a Co system magnetism alloy used for a ferromagnetic about the technique which adds one sort or two sorts in Fe, nickel, Pd, Hf, etc. to Co.

[0011] Moreover, the technique which uses CoZrNb, CoZrMo, FeCoB, etc. for a free magnetic layer is indicated by JP, 10-135038, A.

[0012]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] In order to realize stable magnetic-reluctance change in a tunnel junction component, it is important to create a non-magnetic layer flatly more. When the reason does not have a flat non-magnetic layer, it is for unevenness to occur in the thickness of a non-magnetic layer as a result, consequently for leakage current to arise. Generating of such leakage current causes reduction of resistance rate of change. Moreover, by passing a current, destruction will tend to break out from the thin place of thickness, and the result in which a withstand voltage property is inferior will be caused.

[0013] Now, the conventional tunnel junction component used Co or NiFe for the free magnetic layer and the fixed magnetic layer. However, since these ingredients are crystalline substances, the roughness corresponding to the crystal structure will produce them in the outermost surface. therefore -- for example, when the configuration "a free magnetic layer / nonmagnetic non-conductive layer / fixed magnetic layer / layer made to fix" was adopted and the above-mentioned ingredient was used for a free magnetic layer, there was a trouble that a non-magnetic layer was not created evenly enough by the roughness of the interface of a free magnetic layer and a non-magnetic layer. Moreover, in the configuration "the layer / fixed magnetic layer / nonmagnetic non-conductive layer / free magnetic layer" made to fix, when the above-mentioned ingredient was used for the fixed magnetic layer, a non-magnetic layer was not created evenly enough by the same

reason. In any case, resistance rate of change or pressure-resistant lowering will be caused.

[0014] This invention aims at offering a magnetic-reluctance change component with high resistance rate of change, when a non-magnetic layer creates evenly. While resistance rate of change becomes high by making such a non-magnetic layer flat, it is possible to realize the magneto-resistive effect component excellent also in the withstand voltage property.

[0015]

[Means for Solving the Problem] First, invention concerning claim 1 is setting the tunnel junction component which considers "a free magnetic layer / nonmagnetic non-conductive layer / fixed magnetic layer / layer made to fix" as a basic configuration as the fundamental premise.

[0016] And in invention concerning claim 1, it is characterized by using a Co or NiFe, CoFeB, CoZrMo, CoZrNb, CoZr, CoZrTa, CoHf, CoTa, CoTaHf, CoFeTi, CoNbHf, CoHfPd, CoTaZrNb, and CoZrMoNi ** amorphous magnetic material for a part of free magnetic layer or fixed magnetic layer [at least].

[0017] Since it is the amorphous or small crystalline substance of the diameter of crystal grain, even if membranes are formed, each of these ingredients has uniform thickness, and its surface roughness is small. Therefore, the non-magnetic layer formed on these magnetic layers also serves as flat small film of roughness, resistance rate of change is high as a result, and the magneto-resistive effect component which is excellent in a withstand voltage property can be obtained.

[0018] Moreover, if the above-mentioned ingredient is similarly used in the tunnel junction component which considers "the layer / fixed magnetic layer / nonmagnetic non-conductive layer / free magnetic layer" made to fix as a basic configuration for a part of free magnetic layer or fixed magnetic layer [at least] as shown in claim 2, roughness of a non-magnetic layer can be made small and the same operation and effectiveness as invention concerning claim 1 will be done so.

[0019] Moreover, if the magneto-resistive effect sensor using the magneto-resistive effect component concerning invention of these claims 1 and claim 2 is constituted, the sensor whose detection sensitivity of change of magnetic reluctance improved will be obtained. Invention of such a sensor is indicated by claim 3 and claim 4.

[0020] Namely, the bottom shielding layer which the laminating of the invention concerning claim 3 was carried out on the substrate and said substrate, and was patternized, The magneto-resistive effect component which the laminating was carried out on said bottom shielding layer, and

was patternized, The vertical bias layer by which the laminating is carried out so that the edge of said magneto-resistive effect component may be touched, In the shielding mold magneto-resistive effect sensor by which the laminating of the ** is carried out to the bottom electrode layer by which the laminating was carried out on said substrate, and the shielding layer after a laminating is carried out on said vertical bias layer and said bottom electrode layer one by one Said ***** component is the magneto-resistive effect sensor characterized by being a magneto-resistive effect component according to claim 1 or 2.

[0021] Although invention concerning claim 3 relates to a shielding mold magneto-resistive effect sensor, it is also possible to apply the same principle to a shielding mold magneto-resistive effect sensor. Such invention is indicated by claim 4.

[0022] Namely, the bottom shielding layer which the laminating of the invention concerning claim 4 was carried out on the substrate and said substrate, and was patternized, The magneto-resistive effect component which the laminating was carried out on said bottom shielding layer, and was patternized, The vertical bias layer by which the laminating is carried out so that it may lap with the upper part of said magneto-resistive effect component in part, In the shielding mold magneto-resistive effect sensor by which the laminating of the ** is carried out to the shielding layer after a laminating is carried out on the bottom electrode layer by which the laminating is carried out, and said vertical bias layer and said bottom electrode layer so that it may lap with the upper part of said magneto-resistive effect component in part one by one Said magneto-resistive effect component is the magneto-resistive effect sensor characterized by being a magneto-resistive effect component according to claim 1 or 2.

[0023] Moreover, it is also possible to consider as the configuration which has arranged the yoke through an insulating layer to the magneto-resistive effect component of above-mentioned claim 1 and claim 2. Invention which adopted such a configuration is indicated by claim 5 and claim 6.

[0024] That is, invention concerning claim 5 is a yoke mold magneto-resistive effect head to which said magneto-resistive effect component is characterized by being a magneto-resistive effect component according to claim 1 or 2 in the yoke mold magneto-resistive effect head which has arranged the yoke through an insulating layer to a magneto-resistive effect component.

[0025] According to this yoke mold magneto-resistive effect head, it is possible to read the data recorded on various magnetic-recording media

by high sensitivity.

[0026] Moreover, invention concerning claim 6 is a magneto-resistive effect sensor by which said magneto-resistive effect component is characterized by being a magneto-resistive effect component according to claim 1 or 2 in the flux guide mold magneto-resistive effect mold sensor which has arranged the yoke through an insulating layer to a magneto-resistive effect component.

[0027] According to this flux guide mold magneto-resistive effect mold sensor, it is possible to read the magnetic variation of flux by high sensitivity.

[0028] Now, if the magneto-resistive effect sensor of above-mentioned claims 3, 4, and 6 is used, the system which can detect magnetic reluctance by high sensitivity can be obtained.

[0029] Invention concerning claim 7 is a magnetic-reluctance detection system characterized by equipping either of claims 3, 4, or 6 with a means to detect resistivity change of the above-mentioned magneto-resistive effect sensor, as a function of the field which the magneto-resistive effect sensor and said magneto-resistive effect sensor of a publication detect.

[0030] Furthermore, if this magnetic-reluctance detection system is used, using the storage which has a truck, it is large capacity and the magnetic storage system which data can read can be built at a high speed.

[0031] Namely, the magnetic storage medium by which invention concerning claim 8 has two or more trucks for data logging, The magnetic-recording system for making data memorize on said magnetic storage medium, In order to move a magnetic-reluctance detection system according to claim 7, and said magnetic-recording system and said magnetic-reluctance detection system to the truck with which said magnetic storage medium was chosen It is the magnetic storage system characterized by including the actuator means mechanically combined with said magnetic-recording system and said magnetic-reluctance detection system.

[0032]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of suitable operation of this invention is explained based on a drawing.

[0033] As a shielding mold magneto-resistive effect component which applied [gestalt 1 of operation] this invention, a gestalt as shown, for example in drawing 1 is desirable. Drawing 1 is the sectional view showing signs that the shielding mold magneto-resistive effect component concerning the gestalt 1 of this operation was cut perpendicularly of a lengthwise direction.

[0034] With the gestalt shown in drawing 1 , the laminating of the

bottom shielding layer 2, the bottom electrode layer 3, the magneto-resistive effect component 4, the top shielding layer 5, and the top electrode layer 6 is first carried out on a substrate 1. The vertical bias layer 7 is arranged so that the magneto-resistive effect component 4 may be patternized by suitable magnitude and a suitable configuration according to PR process and the edge may be touched (refer to drawing 4 mentioned later), or so that it may touch in part (refer to drawing 5 mentioned later).

[0035] Various the configuration approaches of the bottom shielding layer 2 and the bottom electrode 3 are considered. The explanatory view showing these configurations is shown in drawing 2. The example by which the bottom electrode 3 is formed in right above [of the bottom shielding layer 2] is shown in drawing 2 (1). Moreover, the example by which the bottom electrode 3 is formed directly under the bottom shielding layer 2 is shown in drawing 2 (2). Moreover, the example by which the bottom electrode 3 is formed through the bottom gap insulating layer 100 on the bottom shielding layer 2 is shown in drawing 2 (3). Moreover, the example at the time of making the bottom shielding layer 2 serve a double purpose is shown in drawing 2 (4) in the bottom electrode 3.

[0036] Moreover, various the configuration approaches with the top electrode 6 are also considered to be the top shielding layers 5. The explanatory view showing these configurations is shown in drawing 3. The example by which the top shielding layer 5 is formed in right above [of the top electrode 6] is shown in drawing 3 (1). Moreover, the example by which the top electrode 6 is formed in right above [of the top shielding layer 5] is shown in drawing 3 (2). Moreover, the example by which the top shielding layer 5 is formed through the top gap insulating layer 102 on the top electrode 6 is shown in drawing 3 (3). Moreover, the example at the time of making the top shielding layer 5 serve a double purpose is shown in drawing 3 (4) in the top electrode 6.

[0037] Drawing 4 and drawing 5 are the top views centering on the magneto-resistive effect component 4 of the shielding mold magneto-resistive effect component shown in drawing 1. The vertical bias layer 7 is arranged so that the edge of the magneto-resistive effect component 4 may be touched especially in drawing 4, and the vertical bias layer 7 is arranged so that the edge of the magneto-resistive effect component 4 may be touched in part in drawing 5.

[0038] The sectional view which met the VI-VI line of drawing 4 is shown in drawing 6. The insulating layer 104 and the vertical bias layer 7 are arranged so that the edge of the ferromagnetic tunnel junction film

(magneto-resistive effect component 4) patternized on the bottom electrode 3 may be touched, as shown in this drawing. Here, the example through an insulating layer 104 is shown. It is prepared in order for an insulating layer 104 to prevent a sense current's flowing the vertical bias layer 7, and not flowing the ferromagnetic tunnel junction section (magneto-resistive effect component 4). Therefore, the vertical bias layer 7 will be formed directly, without forming an insulating layer, since there is little such fear when the vertical bias layer 7 is an ingredient with high enough resistance like a nonmetal.

[0039] The sectional view which met the VII-VII line of drawing 5 is shown in drawing 7. On the bottom electrode 3, the patternized vertical bias layer 7 is installed as shown in this drawing. And the ferromagnetic tunnel junction film (magneto-resistive effect component 4) patternized so that it might run aground in part in this vertical bias layer 7 is arranged. Furthermore, the laminating of the patternized insulating layer 104 and the top electrode 6 is carried out to the upper part one by one.

[0040] As a shielding-under gestalt shown in drawing 1 layer 2, NiFe, CoZr, CoFeB, CoZrMo, CoZrNb, CoZr, CoZrTa, CoHf, CoTa, CoTaHf, CoNbHf, CoZrNb, CoHfPd, CoTaZrNb, a CoZrMoNi alloy, FeAlSi, a nitriding iron system ingredient, etc. can be used, and thickness can be applied in 0.3-10 micrometers.

[0041] As the bottom electrode layer 3 and a top electrode layer 6, the simple substance, the alloy, or mixture which consists of Zr, Ta, and Mo is desirable, and the thickness range has desirable 0.01-0.10 micrometers.

[0042] As a vertical bias layer 7, nickel oxide / mixture [of CoCrPt, CoCr, CoPt, CoCrTa, FeMn, NiMn, IrMn, PtPdMn, ReMn, PtMn, CrMn, nickel oxide a ferric acid ghost, nickel oxide, the mixture of Co oxide and nickel oxide, and Fe oxide] and Co oxide two-layer film, nickel oxide / Fe oxide two-layer film, etc. can be used.

[0043] As a top shielding layer 5, it is desirable to use NiFe, CoZr or CoFeB, CoZrMo, CoZrNb, CoZr, CoZrTa, CoHf, CoTa, CoTaHf, CoNbHf, CoZrNb, CoHfPd, CoTaZrNb, a CoZrMoNi alloy, FeAlSi, a nitriding iron system ingredient, etc., and the thickness can be applied in 0.3-10 micrometers.

[0044] The example of the gestalt of operation of the yoke mold head which applied [gestalt 2 of operation] this invention is shown in drawing 8.

[0045] In this drawing, a slot is formed in the substrate 8 of a ferromagnetic and this slot is filled up with the nonmagnetic insulator 9. As a substrate 8 of a ferromagnetic, a NiZn ferrite, a MnZn ferrite,

a MgZn ferrite, etc. are used, and an alumina, SiO₂, aluminum nitride, silicon nitride, and diamond-like carbon are used for the nonmagnetic insulator 9, for example.

[0046] The bottom non-magnetic layer 10 is formed on this nonmagnetic insulator 9. The bottom [this] non-magnetic layer 10 is extending also on the top face of a substrate 8 (refer to drawing 8).

[0047] The top non-magnetic layer 11 adjoins magnetic pole 13a and electrode 12a, and it is prepared in the top face of the bottom non-magnetic layer 10, and the magneto-resistive effect component 4 is formed in the top face of the both sides of magnetic pole 13a and electrode 12a so that both sides may be straddled. In addition, the side face of the magneto-resistive effect component 4 is in contact with the top non-magnetic layer 11 as shown in drawing 8 .

[0048] Electrode 12a has desirable Au. Moreover, as for magnetic pole 13a, it is desirable to adopt NiFe, CoZr or CoFeB, CoZrMo, CoZrNb, CoZr, CoZrTa, CoHf, CoTa, CoTaHf, CoNbHf, CoZrNb, CoHfPd, CoTaZrNb, a CoZrMoNi alloy, FeAlSi, a nitriding iron system ingredient, a MnZn ferrite, a NiZn ferrite, and a MgZn ferrite.

[0049] Moreover, the vertical bias layer for magneto-resistive effect component magnetic-domain control is prepared in the edge of the magneto-resistive effect component 4 in a direction vertical to the space of drawing 8 . This vertical bias layer for magneto-resistive effect component magnetic-domain control is prepared so that the magneto-resistive effect component 4 may be touched [whether it laps in part and]. Drawing 4 and its sectional view are shown for the top view in the case of lapping in part in drawing 6 , respectively. Moreover, drawing 5 and its sectional view are shown for the top view in the case of touching in drawing 7 , respectively.

[0050] In addition, as for the vertical bias layer for magneto-resistive effect component magnetic-domain control, it is desirable to use CoCrPt, CoCr, CoPt, CoCrTa, FeMn, NiMn, nickel oxide, a NiCo oxide, IrMn, PtPdMn, ReMn, etc.

[0051] In addition, it extends so that magnetic pole 13b may cover the top non-magnetic layer 11 from a substrate 8, and it is prepared so that it may reach to the magneto-resistive effect component 4, as shown in drawing 8 . Moreover, electrode 12b is prepared in the top face of the magneto-resistive effect component 4, and the side face of this electrode 12b is in contact with magnetic pole 13b. The same thing as the above-mentioned electrode 12a or magnetic pole 13a of the construction material of electrode 12a or magnetic pole 13b is desirable.

[0052] The block diagram of the flux guide mold head which applied

[gestalt 3 of operation] this invention is shown in drawing 9 .

[0053] The bottom shielding 21 is formed on the substrate 20. It is prepared in the top face of the bottom [this] shielding 21 so that an electrode 22 and a magnetic pole 23 may adjoin.

[0054] As for the bottom shielding 21, it is desirable to use NiFe, CoZr or CoFeB, CoZrMo, CoZrNb, CoZr, CoZrTa, CoHf, CoTa, CoTaHf, CoNbHf, CoZrNb, CoHfPd, CoTaZrNb, a CoZrMoNi alloy, FeAlSi, a nitriding iron system ingredient, a MnZn ferrite, a NiZn ferrite, a MgZn ferrite, etc.

[0055] Moreover, as for electrode 22a, it is desirable to use Au, and, as for magnetic pole 23a, it is desirable to use NiFe, CoZr or CoFeB, CoZrMo, CoZrNb, CoZr, CoZrTa, CoHf, CoTa, CoTaHf, CoNbHf, CoZrNb, CoHfPd, CoTaZrNb, a CoZrMoNi alloy, FeAlSi, a nitriding iron system ingredient, a MnZn ferrite, a NiZn ferrite, and a MgZn ferrite.

[0056] And the magneto-resistive effect component 4 is formed so that the top face of electrode 22a and magnetic pole 23a may be straddled to both sides.

[0057] Electrode 22b and magnetic pole 23b are prepared in the top face of the magneto-resistive effect component 4. These electrode 22b and magnetic pole 23b are prepared so that both the top faces of the magneto-resistive effect component 4 may be touched, as shown in drawing 9 .

[0058] Furthermore, the top shielding 24 is formed in the top face of electrode 22b and magnetic pole 23b. As for shielding 24, besides, it is desirable to use NiFe, CoZr or CoFeB, CoZrMo, CoZrNb, CoZr, CoZrTa, CoHf, CoTa, CoTaHf, CoNbHf, CoZrNb, CoHfPd, CoTaZrNb, a CoZrMoNi alloy, FeAlSi, a nitriding iron system ingredient, a MnZn ferrite, a NiZn ferrite, and a MgZn ferrite.

[0059] Moreover, the vertical bias layer for magneto-resistive effect component magnetic-domain control is prepared in the edge of the magneto-resistive effect component 4 in a direction vertical to the space of drawing 9 . This vertical bias layer for magneto-resistive effect component magnetic-domain control is prepared so that the magneto-resistive effect component 4 may be touched [whether it laps in part and]. Drawing 4 and its sectional view are shown for the top view in the case of lapping in part in drawing 6 , respectively. Moreover, the drawing 6 ***** of drawing 5 and its sectional view is carried out for the top view in the case of touching.

[0060] As for the vertical bias layer for magneto-resistive effect component magnetic-domain control, it is desirable to use CoCrPt, CoCr, CoPt, CoCrTa, FeMn, NiMn, nickel oxide, a NiCo oxide, IrMn, PtPdMn, and ReMn.

[0061] [Gestalt 4 which is operation] The write-in head section by the inductive coil can be formed using the shielding mold component of these, a yoke mold component, and a flux guide mold component. The write-in head section by this inductive coil can be used as a record playback one apparatus head (it is also only called the record reproducing head).

[0062] The conceptual diagram of the record reproducing head is shown in drawing 10 . The record reproducing head consists of the reproducing head which used the component of this invention, and a recording head of an inductive mold. Although the example shown in this drawing showed the example of loading with the recording head for longitudinal magnetic recording, it is also desirable to combine the magneto-resistive effect component of this invention with the head for vertical magnetic recordings, and to use it for vertical recording.

[0063] Moreover, although drawing 10 explains a shielding mold component to an example, a yoke mold component and a flux guide mold component are also applicable. The following configurations are used for a head in drawing 10 . First, bottom shielding / bottom electrode 42 is formed on the substrate (not shown). The magneto-resistive effect component 45 is formed on bottom shielding / bottom electrode 42, and top shielding / top electrode 43 is formed in the top face. The reproducing head is formed with these magneto-resistive effect component 45, and the top shielding / top electrode 43.

[0064] Moreover, the coil 41 is formed in the upper part of a magnetic pole (it serves as top shielding / top electrode in drawing 10) 43, and the top magnetic pole 44 is formed on it. The recording head is formed from these magnetic poles 43, the coil 41, and the top magnetic pole 44.

[0065] In addition, even if it prepares the up shielding film and a lower magnetic film separately also as common structure, they are not cared about.

[0066] By the head of such a configuration, a signal is written in on a record medium and a signal is read in a record medium. A part for the sensor of the reproducing head and the magnetic gap of a recording head are forming in the location piled up on the same slider in this way, and can do positioning for the same track of a record medium simultaneously. This head is processed into a slider and it carries in a magnetic recorder and reproducing device.

[0067] The conceptual diagram of a magnetic recorder and reproducing device which used the magneto-resistive effect component of this invention is shown in [gestalt 5 of operation] drawing 11 . Bottom shielding / bottom electrode 52, the magneto-resistive effect component 51, and the top shielding / top electrode 50 are formed in order on the

substrate (not shown) which serves as the head slider, and the head is constituted as shown in this drawing.

[0068] And it reproduces by positioning this head on a record medium 53. A record medium 53 rotates, and a head slider counters in the state of height of 0.2 micrometers or less, or contact, and motions a record-medium 53 top relatively. According to this device, the magneto-resistive effect component 51 is set as the location which can read in the reinforcement of that leakage field 54 the magnetic signal recorded on the record medium 53.

[0069] It is desirable to use the thing of the following configurations as a magneto-resistive effect component concerning [gestalt 6 of operation] this invention.

[0070] (1) A base / a substrate layer / free magnetic layer / nonmagnetic non-conductive layer / fixed magnetic layer / the layer / protective layer (2) base / substrate layer / the magnetic layer / 1st MR enhancing layer / nonmagnetic non-conductive layer / fixed magnetic layer / layer made to fix / free protective layer (3) base made to fix / a substrate layer / free magnetic layer / nonmagnetic non-conductive layer / the 2nd MR on The Hans layer / fixed magnetic layer / the layer/protective layer made to fix (4) -- a base / substrate layer / free magnetic layer / the 1st MR enhancing -- a layer / nonmagnetic non-conductive layer / 2nd MR enhancing layer / fixed magnetic layer / the layer/protective layer (5) made to fix a base / substrate layer / layer made to fix -- a /fixed magnetic layer / nonmagnetic non-conductive layer / free magnetic layer / protective layer (6) a base / substrate layer / the layer / fixed magnetic layer made to fix / the 1st MR enhancing layer / nonmagnetic non-conductive layer / free magnetic layer / protective layer (7) A nonmagnetic non-conductive layer / 2nd MR enhancing layer / free magnetic layer / [a base / substrate layer / the layer / fixed magnetic layer made to fix /] protective layer (8) a nonmagnetic non-conductive layer / 2nd MR enhancing layer / free magnetic layer / [a base / substrate layer / the layer / fixed magnetic layer / 1st MR enhancing layer made to fix /] protective layer -- it is desirable to use for Zr or Zr the ingredient which added other elements as a metal-substrate layer here. As an alloying element, Ta, Hf, Zr, W, Cr, Ti, Mo, Pt, nickel, Ir, Cu, Ag, Co, Zn, Ru, Rh, Re, Au, Os, Pd, Nb, V, etc. are suitable.

[0071] As a free magnetic layer, it is desirable to use NiFe, CoFe, NiFeCo, FeCo, CoFeB, CoZrMo, CoZrNb, CoZr, CoZrTa, CoHf, CoTa, CoTaHf, CoNbHf, CoZrNb, CoHfPd, CoTaZrNb, a CoZrMoNi alloy, or an amorphous magnetic material.

[0072] As a non-magnetic layer, it is desirable to use the mixture of a metal, an oxide, a nitride, an oxide, and a nitride or a metal / oxide two-layer film, a metal / nitride two-layer film, and a metal / (mixture of an oxide and a nitride) two-layer film.

[0073] This two-layer film Ti, V, Cr, Co, Cu, Zn, Y, Zr, Nb, Mo, Tc, Ru, Rh, Pd, Ag, Hf, Ta, W, Re, Os, Ir, Pt, Au, Or the simple substance or mixture of the oxide which consists of a group of Si, aluminum, Ti, and Ta, and a nitride, Or Ta, Hf, Zr, W, Cr, Ti, Mo, Pt, nickel, Ir, Cu, Ag, Co, Zn, Ru, Rh, Re, Au, Os, Pd, Nb, Probably the two-layer film which combined with the simple substance of the above-mentioned oxide and a nitride or mixture the simple substance or alloy which consists of at least one element of the group of V and Y will be desirable, and it will become a strong candidate in the case of using actually.

[0074] As a 1st and 2nd MR enhancing layer, CoFeB(s), such as Co, NiFeCo, and FeCo, or CoZrMo, CoZrNb, CoZr, CoZrTa, CoHf, CoTa, CoTaHf, CoNbHf, CoZrNb, CoHfPd, CoTaZrNb, a CoZrMoNi alloy, or an amorphous magnetic material is used.

[0075] Moreover, although MR ratio falls a little compared with the case where it uses when not using MR enhancing layer, the routing counter which production takes only a part not to use decreases.

[0076] It is desirable to use the simple substance which consists of a group who uses Co, nickel, and Fe as the base as a fixed magnetic layer, an alloy, or a cascade screen.

[0077] As a layer made to fix, it is desirable to use nickel oxide / mixture [of FeMn, NiMn, IrMn, RhMn, PtPdMn, ReMn, PtMn, PtCrMn, CrMn, CrAl, TbCo nickel oxide, Fe oxide, nickel oxide the mixture of Co oxide and nickel oxide and Fe oxide] and Co oxide two-layer film, nickel oxide / Fe oxide two-layer film, CoCr, CoCrPt, CoCrTa, PtCo, etc. Especially the ingredient that added Ti, V, Cr, Co, Cu, Zn, Y, Zr, Nb, Mo, Tc, Ru, Rh, Pd, Ag, Hf, Ta, W, Re, Os, Ir, Pt, Au, Si, aluminum, Ti, and Ta to PtMn or PtMn will serve as a strong candidate at the time of manufacturing equipment actually.

[0078] As a protective layer, it is desirable to use the mixture of a metal, an oxide, a nitride, an oxide, and a nitride or a metal / oxide two-layer film, a metal / nitride two-layer film, and a metal / (mixture of an oxide and a nitride) two-layer film.

[0079] This two-layer film Ti, V, Cr, Co, Cu, Zn, Y, Zr, Nb, Mo, Tc, Ru, Rh, Pd, Ag, Hf, Ta, W, Re, Os, Ir, Pt, Au, Or the simple substance or mixture of the oxide which consists of a group of Si, aluminum, Ti, and Ta, and a nitride, Or Ta, Hf, Zr, W, Cr, Ti, Mo, Pt, nickel, Ir, Cu, Ag, Co, Zn, Ru, Rh, Re, Au, Os, Pd, Nb, Probably the two-layer film which

combined with the simple substance of the above-mentioned oxide and a nitride or mixture the simple substance or alloy which consists of at least one element of the group of V and Y will be desirable, and it will become a strong candidate at the time of constituting a device actually. [0080] The configuration of a magneto-resistive effect component is explained based on an actual numeric value below the example by the numeric value.

[0081] [Example 1] glass substrate /Ta(3nm)/The result of having changed the class of free magnetic layer with a configuration called freedom magnetic layer (8nm) / aluminum oxide (2nm) / nickel82Fe18(3nm)/Pt46Mn54 (25nm) / Ta (3nm), and having created the magneto-resistive effect component is shown.

[0082] The membrane formation current set 0.1A and membrane formation gas pressure to 2mmTorr(s) at creation using DC magnetron sputtering equipment. formation of aluminum oxide is pure until it forms 2nm aluminum film first and back pressure turns into gas pressure of 4x10-4Torr in the vacuum chamber of 2x10-9Torr after film formation -- 02 Natural oxidation of the aluminum was carried out by introducing and holding for 1 hour. After membrane formation, it heat-treated in the direct-current field of 5000e in 250 degrees C and 5 hours. The resistance rate of change in this case is shown in the following table 1.

[0083]

[A table 1]

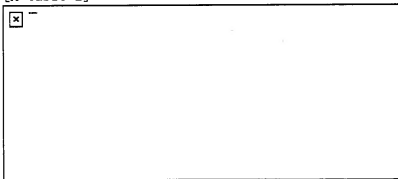
<div><div><div><div></div></div><div><div></div></div></div><div><div></div></div><div><div></div></div></div>
--

[0084] In this experimental result, although it is equivalent to the conventional example when free magnetic layers are Co and NiFe, the case of being other is equivalent to the example of application of this invention. The result [case / any] that MR ratio was higher than the conventional example was obtained.

[0085] At the object for which a [example 2] MR ratio investigates a high reason, it is glass substrate/Ta(3nm)/. Film called a free magnetic layer (8nm) was created, and surface roughness was observed by AFM. Membranous average-of-roughness-height Ra shows surface roughness (table 2 reference mentioned later). Moreover, film called a glass substrate / Ta (3nm) / free magnetic layer (8nm) / aluminum oxide (2nm) was also created, and the interface roughness of a free magnetic layer and aluminum oxide was observed with the X-ray reflection factor measuring device. X-ray reflection factor measurement analyzes the X-ray profile after whenever [total reflection critical angle] generated when a super-low include angle is made to input into a sample front face. These analyses enable it to acquire information, such as thickness, interface roughness, and a consistency. By carrying out simulation fitting of the obtained X-ray profile information, it is the approach that material constants, such as a real term of a reflection coefficient, an imaginary term, i.e., a consistency, and absorption, can be obtained. The measurement result of the surface roughness by AFM and the interface roughness by the X-ray is shown in a table 2.

[0086]

[A table 2]



[0087] as compared with the case where Co and NiFe are used for a free magnetic layer, surface roughness and interface roughness boil CoFeB, CoZrNb, and CoZrMo markedly, and it turns out that it is a flat. It is known that it is a microcrystal and these ingredients are considered [amorphous or] that this has contributed to flat-ization of a front face and interface roughness. And since flat ** of the interface of a

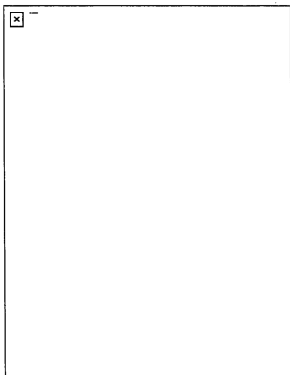
free magnetic layer and aluminum oxide layer contributes to the homogeneity of the thickness of aluminum oxide layer and the leakage current in aluminum oxide layer is reduced as a result, it is considered that whose MR ratio improves. It is known that it is a microcrystal, and with the above-mentioned table 2, although measurement was not carried out, it is thought [that other ingredients shown in the above-mentioned table 1 are amorphous, or] that the surface smoothness of the interface of a free magnetic layer and aluminum oxide layer has contributed to improvement in MR ratio similarly.

[0088] The class of free magnetic layer was changed with a configuration called [an example 3], next glass substrate / Ta (3nm) / freedom magnetic layer (8nm) / Co₉₀Fe₁₀(2nm)/aluminum oxide (2nm) / nickel₈₂Fe₁₈(3nm)/Pt₄₆Mn₅₄/(25nm)Ta (3nm), and the magneto-resistive effect component was created.

[0089] The membrane formation current set 0.1A and membrane formation gas pressure to 2mmTorr(s) at creation using DC magnetron sputtering equipment. formation of aluminum oxide is pure until it forms 2nm aluminum film first and back pressure turns into gas pressure of 4x10⁻⁴Torr in the vacuum chamber of 2x10⁻⁹Torr after film formation -- O₂ Natural oxidation of the aluminum was carried out by introducing and holding for 1 hour. After membrane formation, it heat-treated in the direct-current field of 5000e in 250 degrees C and 5 hours. The resistance rate of change in this case is shown in the following table 3.

[0090]

[A table 3]



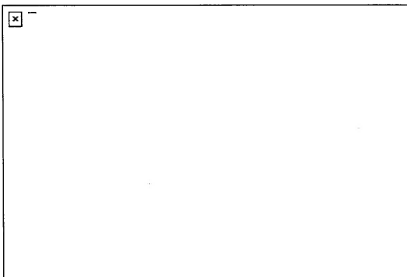
[0091] In this experimental result, although it is equivalent to the conventional example when free magnetic layers are Co and NiFe, the case of being other is equivalent to the example of application of this invention. The result [case / any] that MR ratio was higher than the conventional example was obtained.

The class of free magnetic layer was changed with a configuration called Co90Fe [glass substrate/Ta(3nm)/Pt46Mn54 (25nm) / fixed magnetic layer (5nm) /]10/aluminum oxide (2nm) / [example 4], next Co90Fe10 (2nm) / free magnetic layer (3nm) / Ta (3nm), and the magneto-resistive effect component was created.

[0092] The membrane formation current set 0.1A and membrane formation gas pressure to 2mmTorr(s) at creation using DC magnetron sputtering equipment. formation of aluminum oxide is pure until it forms 2nm aluminum film first and back pressure turns into gas pressure of 4×10^{-4} Torr in the vacuum chamber of 2×10^{-9} Torr after film formation -- 02 Natural oxidation of the aluminum was carried out by introducing and holding for 1 hour. After membrane formation, it heat-treated in the direct-current field of 5000e in 250 degrees C and 5 hours. The resistance rate of change in this case is shown in the following table 4.

[0093]

[A table 4]



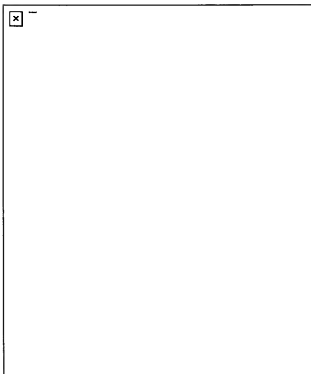
[0094] In this experimental result, the case where free magnetic layers are Co and NiFe is equivalent to the conventional example, and the case of being other is equivalent to the example of application of this invention. The result [case / any] that MR ratio was higher than the conventional example was obtained.

The class of free magnetic layer was changed with a configuration called [an example 5], next glass substrate/Ta(3nm)/Pt46Mn54 (25nm) / fixed magnetic layer (5nm) / aluminum oxide (2nm) / Co90Fe10(2nm)/nickel82Fe18 (3nm) / Ta (3nm), and the magneto-resistive effect component was created.

[0095] The membrane formation current set 0.1A and membrane formation gas pressure to 2mmTorr(s) at creation using DC magnetron sputtering equipment. formation of aluminum oxide is pure until it forms 2nm aluminum film first and back pressure turns into gas pressure of 4x10-4Torr in the vacuum chamber of 2x10-9Torr after film formation -- O2 Natural oxidation of the aluminum was carried out by introducing and holding for 1 hour. After membrane formation, it heat-treated in the direct-current field of 5000e in 250 degrees C and 5 hours. The resistance rate of change in this case is shown in the following table 5.

[0096]

[A table 5]



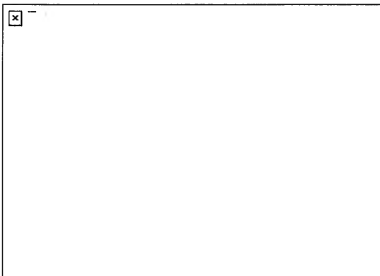
[0097] In this experimental result, the case where free magnetic layers are Co and NiFe is equivalent to the conventional example, and the case of being other is equivalent to the example of application of this invention. The result [case / any] that MR ratio was higher than the conventional example was obtained.

The class of free magnetic layer was changed with a configuration called Co90Fe [glass substrate/Ta(3nm)/Pt46Mn54 (25nm) / fixed magnetic layer (5nm) /]10 (2)/aluminum oxide (2nm) / [example 6], next Co90Fe10 (2nm) / free magnetic layer (3nm) / Ta (3nm), and the magneto-resistive effect component was created.

[0098] The membrane formation current set 0.1A and membrane formation gas pressure to 2mmTorr(s) at creation using DC magnetron sputtering equipment. formation of aluminum oxide is pure until it forms 2nm aluminum film first and back pressure turns into gas pressure of 4×10^{-4} Torr in the vacuum chamber of 2×10^{-9} Torr after film formation -- O2 Natural oxidation of the aluminum was carried out by introducing and holding for 1 hour. After membrane formation, it heat-treated in the direct-current field of 5000e in 250 degrees C and 5 hours. The resistance rate of change in this case is shown in the following table 6.

[0099]

[A table 6]



[0100] In this experimental result, the case where a free magnetic layer and a fixed magnetic layer are Co(es) is equivalent to the conventional example, and the case of being other is equivalent to the example of application of this invention. The result [case / any] that MR ratio was higher than the conventional example was obtained.

[0101] The magneto-resistive effect component of this invention was applied to the shielding mold component of the type shown in [gestalt 7 of operation] drawing 1 . At this time, NiFe was used as a bottom shielding layer. As magneto-resistive effect film, /Ta(3nm)/Pt46Mn54(25nm)/Co92Zr6Nb2(5nm)/Co90Fe10(2nm)/aluminum oxide(2nm) / Co90Fe10(2nm)/Co92Zr6Nb2/Ta(3nm) was used. It carried out impressing the field of 5000e(s) in the direction which intersects perpendicularly 250 degrees C and heat treatment of 5 hours with the field at the time of membrane formation after film formation. The magneto-resistive effect film processed the magnitude of 1x1 micrometer according to the photoresist process, and was used as the magneto-resistive effect component. The laminating of the CoCrPt was carried out so that the patternized membrane end section might be touched. NiFe was used as a top shielding layer. This head was processed and slider processed at a record playback one apparatus head like drawing 10 , and record playback of the data was carried out on the CoCrTa system medium. Under the present circumstances, in the write-in width of recording track, 1.5 micrometers and a write-in gap set 0.2 micrometers and the reading width of recording track to 1.0 micrometers. The photoresist hardening process of the coil section creation time of the write-in head section was made into 250 degrees C and 2 hours. Since the magnetization direction of the fixed bed which must turn to the component height

direction, and the layer made to fix rotated and it stopped having operated as a magneto-resistive effect component originally according to this process, magnetization heat treatment of 1 hour was performed among 200 degrees C and a 5000e field after the reproducing-head section and recording head section creation termination. The revolution to the magnetization direction of the easy axis of the free magnetic layer by this magnetization heat treatment was hardly observed from a magnetization curve. Coercive force of a medium was set to 2.5kOe(s). Record mark length was changed and the playback output was measured. The mark length (frequency) in whom 2.4mV reduces by half the record playback output at this time, and 29dB and a playback output reduce S/N by half was 239kFCI(s), and the bit error rate was ten to six or less. Moreover, the symmetric property of a playback wave was also good.

[0102] The magneto-resistive effect component of this invention was applied to the magneto-resistive effect component in the yoke mold component of the type shown in [gestalt 8 of operation] drawing 8 . At this time, the film which made it aluminum oxide and the electrode at Au, made the laminating of Ta (3nm) and the NiFe (10nm) to the magnetic pole by turns at the MnZn ferrite and the nonmagnetic insulator at Oxidation Si, the bottom non-magnetic layer, and the top non-magnetic layer, and set total thickness to 200nm was used for the base. As magneto-resistive effect film,

/Ta(3nm)/Pt46Mn54(25nm)/Co82Zr9Mo9(5nm)/Co90Fe10(2nm)/aluminum oxide (2nm) / Co90Fe10(2nm)/Co82Zr9Mo9 (3nm) / Ta (3nm) was used. It carried out impressing the field of 5000e(s) in the direction which intersects perpendicularly 250 degrees C and heat treatment of 5 hours with the field at the time of membrane formation after film formation. The magneto-resistive effect film processed the magnitude of 1x1 micrometer according to the photoresist process, and was used as the magneto-resistive effect component. The laminating of the CoCrPt was carried out so that the patternized membrane end section might be touched. This head was processed and slider processed at a record playback one apparatus head like drawing 10 , and record playback of the data was carried out on the CoCrTa system medium. Under the present circumstances, in the write-in width of recording track, 1.5 micrometers and a write-in gap set 0.2 micrometers and the reading width of recording track to 1.0 micrometers. The photoresist hardening process of the coil section creation time of the write-in head section was made into 250 degrees C and 2 hours. Since the magnetization direction of the fixed bed which must turn to the component height direction, and the layer made to fix rotated and it stopped having operated as a magneto-resistive effect

component originally according to this process, magnetization heat treatment of 1 hour was performed among 200 degrees C and a 5000e field after the reproducing-head section and recording head section creation termination. The revolution to the magnetization direction of the easy axis of the free magnetic layer by this magnetization heat treatment was hardly observed from a magnetization curve. Coercive force of a medium was set to 2.5kOe(s). Record mark length was changed and the playback output was measured. The mark length (frequency) in whom 3.1mV reduces by half the record playback output at this time, and 34dB and a playback output reduce S/N by half was 277kFCI(s), and the bit error rate was ten to six or less. Moreover, the symmetric property of a playback wave was also good.

[0103] The magneto-resistive effect component of this invention was applied to the flux guide mold component of the type shown in [gestalt 9 of operation] drawing 9. At this time, the film which made it the electrode at Au, made the laminating of Ta (3nm) and the NiFe (10nm) for NiFe to the magnetic pole by turns, and set total thickness to 200nm was used for bottom shielding and top shielding. It was referred to as /Ta(3nm)/Pt46Mn54(25nm)/Co84Fe9B7(5nm)/Co90Fe10(2) / aluminum oxide (2nm) / Co90Fe10(2nm)/Co84Fe9B7 (3nm) / Ta (3nm) as magneto-resistive effect film. It carried out impressing the field of 5000e(s) in the direction which intersects perpendicularly 250 degrees C and heat treatment of 5 hours with the field at the time of membrane formation after film formation. The magneto-resistive effect film processed the magnitude of 1x1 micrometer according to the photoresist process, and was used as the magneto-resistive effect component. The laminating of the CoCrPt was carried out so that the patternized membrane end section might be touched. This head was processed and slider processed at a record playback one apparatus head like drawing 10, and record playback of the data was carried out on the CoCrTa system medium. Under the present circumstances, in the write-in width of recording track, 1.5 micrometers and a write-in gap set 0.2 micrometers and the reading width of recording track to 1.0 micrometers. The photoresist hardening process of the coil section creation time of the write-in head section was made into 250 degrees C and 2 hours. Since the magnetization direction of the fixed bed which must turn to the component height direction, and the layer made to fix rotated and it stopped having operated correctly as a magneto-resistive effect component originally according to this process, magnetization heat treatment of 1 hour was performed among 200 degrees C and a 5000e field after the reproducing-head section and recording head section creation termination. The revolution to the magnetization

direction of the easy axis of the free magnetic layer by this magnetization heat treatment was hardly observed from a magnetization curve. Coercive force of a medium was set to 2.5kOe(s). Record mark length was changed and the playback output was measured. The mark length (frequency) in whom 1.9mV reduces by half the record playback output at this time, and 28dB and a playback output reduce S/N by half was 287kFCI(s), and the bit error rate was ten to six or less. Moreover, the symmetric property of a playback wave was also good.

[0104] The [gestalt 10 of operation], next the magnetic disk drive made as an experiment with the application of this invention are explained. A magnetic disk drive is equipped with the magnetic disk of three sheets on the base, and the head actuation circuit and the digital disposal circuit, and the input/output interface are held in the base rear face. It connects with the exterior by the 32-bit bus line. The head is prepared in both sides of a magnetic disk for every magnetic disk, and a total of six heads are arranged with the magnetic disk of three sheets. The rotary actuator and actuation for driving a head, the control circuit, and the spindle direct connection motor for a disk revolution are carried. The diameter of a disk is 46mm and a data surface uses from the diameter of 10mm to 40mm. Since it does not have a servo surface using an embedding servo system, densification is possible. As for this equipment, direct continuation is possible as external storage of a small computer. Cache memory is carried in an input/output interface and it corresponds to the bus line whose transfer rate is per second 5 to 20 megabytes of range. Moreover, it is also possible by placing an external controller and connecting these two or more equipments to constitute a mass magnetic disk drive.

[0105]

[Effect of the Invention] As explained above, resistance rate of change became possible [obtaining the high magneto-resistive effect film] from the conventional magneto-resistive effect film by application of this invention.

[0106] Furthermore, the record playback output and S/N became possible [obtaining a high magneto-resistive effect sensor and a high system] by using this film.

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is a block diagram showing the typical configuration of a shielding mold sensor.

[Drawing 2] It is a conceptual diagram showing arrangement of the vertical bias film.

[Drawing 3] It is a conceptual diagram showing other arrangement of the vertical bias film.

[Drawing 4] It is a top view showing the example in which the vertical bias layer is installed so that the edge of a magneto-resistive effect component may be touched.

[Drawing 5] It is a top view showing the example in which the vertical bias layer is installed so that the edge of a magneto-resistive effect component may be touched in part.

[Drawing 6] It is the sectional view which met the VI-VI line of drawing 4.

[Drawing 7] It is the sectional view which met the VII-VII line of drawing 5.

[Drawing 8] It is a block diagram showing the typical configuration of a yoke mold magnetic-reluctance sensor, and is **.

[Drawing 9] It is a block diagram showing the typical configuration of a flux guide mold magnetic-reluctance sensor.

[Drawing 10] It is a conceptual diagram showing the main configurations of the record reproducing head.

[Drawing 11] It is a conceptual diagram showing the main configurations of a magnetic recorder and reproducing device.

[Description of Notations]

1 Substrate

2 Bottom Shielding Layer

3 Bottom Electrode

4 Magneto-resistive Effect Component

5 Top Shielding Layer

6 Top Electrode

7 Vertical Bias Film

8 Base

9 Nonmagnetic Insulator

10 Bottom Non-magnetic Layer

11 Top Non-magnetic Layer

12 Electrode

13 Magnetic Pole

20 Substrate

21 Bottom Shielding

22 Electrode
23 Magnetic Pole
24 Top Shielding
41 Coil
42 Bottom Shielding / Bottom Electrode
43 Top Shielding / Top Electrode / Magnetic Pole
44 Top Magnetic Pole
45 Magneto-resistive Effect Component
46 ABS Side
50 Top Shielding / Top Electrode
51 Magneto-resistive Effect Component
52 Bottom Shielding
53 Record Medium
54 Leakage Field from Medium

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマート(参考)
H 0 1 L 43/08		H 0 1 L 43/08	Z 2 G 0 1 7
G 0 1 R 33/09		G 1 1 B 5/39	5 D 0 3 4
G 1 1 B 5/39		H 0 1 F 10/08	A 5 E 0 4 9
H 0 1 F 10/32		G 0 1 R 33/06	R

審査請求 有 請求項の数 8 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願平10-264464

(22) 出願日 平成10年9月18日(1998.9.18)

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 林 一彦

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株

式会社内

(74) 代理人 100086759

弁理士 渡辺 喜平

Fターム(参考) 2G017 AC01 AC08 AC08 AD55 AD63

AD65 BA15

5D034 BA03 BA05 BA08 BA15 B808

5E049 AA04 AA09 AC00 AC01 AC05

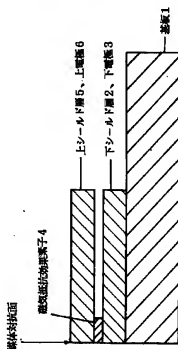
BA12 BA16

(54) 【発明の名称】 磁気抵抗効果素子、磁気抵抗効果センサ及びそれらを利用した装置

(57) 【要約】

【課題】 非磁性層が平坦に作成することによって、抵抗変化率が高い磁気抵抗変化素子を提供すること、さらに、記録再生出力及びS/Nが高い磁気抵抗効果センサ及びシステムを提供することを目的とする。

【解決手段】 基板1上に下シールド層2、下電極層3、磁気抵抗効果素子4、上シールド層5、上電極層6、を積層させている。磁気抵抗効果素子4はPR工程により適当な大きさ及び形状にパターン化されており、その端部に接するように(後述する図4参照)あるいは一部接するように縦バイアス層7が配置されている。この磁気抵抗効果素子4は、自由磁性層/非磁性非導電層/固定磁性層/固定させる層、を基本構成とし、自由磁性層や固定磁性層がCoFeB、CoZrMo、CoZrNb、CoZr、CoZrTa、CoHf、CoTa、CoTaHf、CoFeTi、CoNbHf、CoHfPd、CoTaZrNb、CoZrMoNiからなるアモルファス材料を用いている。その結果、非磁性層が平坦になり、抵抗変化率が向上する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも自由磁性層／非磁性非導電層／固定磁性層／固定させる層、を基本構成とするトンネル接合素子において、

前記自由磁性層もしくは前記固定磁性層の少なくとも一部に、 CoFeB 、 CoZrMo 、 CoZrNb 、 CoZr 、 CoZrTa 、 CoHf 、 CoTa 、 CoTaHf 、 CoFeTi 、 CoNbHf 、 CoHfPd 、 CoTaZrNb 、 CoZrMoNi からなるアモルファス材料を用いることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項2】 少なくとも固定させる層／固定磁性層／非磁性非導電層／自由磁性層を基本構成とするトンネル接合素子において、

前記自由磁性層もしくは前記固定磁性層の少なくとも一部に、 CoFeB 、 CoZrMo 、 CoZrNb 、 CoZr 、 CoZrTa 、 CoHf 、 CoTa 、 CoTaHf 、 CoFeTi 、 CoNbHf 、 CoHfPd 、 CoTaZrNb 、 CoZrMoNi からなるアモルファス材料を用いることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項3】 基板と、

前記基板上に積層され、パターン化された下シールド層と、

前記下シールド層上に積層され、パターン化された磁気抵抗効果素子と、

前記磁気抵抗効果素子の端部に接するように積層されている縦バイアス層と、

前記基板上に積層された下電極層と、

前記縦バイアス層及び前記下電極層の上に積層された上シールド層と、が順次積層されているシールド型磁気抵抗効果素子において、

前記磁気抵抗効果素子が、請求項1または2記載の磁気抵抗効果素子であることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項4】 基板と、前記基板上に積層され、パターン化された下シールド層と、

前記下シールド層上に積層され、パターン化された磁気抵抗効果素子と、

前記磁気抵抗効果素子の上部に一部重なるように積層されている縦バイアス層と、

前記磁気抵抗効果素子の上部に一部重なるように積層されている下電極層と、

前記縦バイアス層及び前記下電極層の上に積層された上シールド層と、が順次積層されているシールド型磁気抵抗効果素子において、

前記磁気抵抗効果素子が、請求項1または2記載の磁気抵抗効果素子であることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項5】 磁気抵抗効果素子に対して絶縁層を介してヨークを配置したヨーク型磁気抵抗効果ヘッドにおいて、

前記磁気抵抗効果素子が、請求項1または2記載の磁気抵抗効果素子であることを特徴とするヨーク型磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項6】 磁気抵抗効果素子に対し、絶縁層を介してヨークを配置したフラックスガイド型磁気抵抗効果素子において、

前記磁気抵抗効果素子が、請求項1または2記載の磁気抵抗効果素子であることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項7】 請求項3～6のいずれかに記載の磁気抵抗効果素子と、

前記磁気抵抗効果素子が検出する磁界の閾値として、上記磁気抵抗効果素子の抵抗率変化を検出する手段と、

を備えたことを特徴とする磁気抵抗検出システム。

【請求項8】 データ記録のための複数個のトラックを有する磁気記憶媒体と、

前記磁気記憶媒体上にデータを記憶させるための磁気記録システムと、

請求項7記載の磁気抵抗検出システムと、

前記磁気記録システム及び前記磁気抵抗検出システムを、前記磁気記憶媒体の選択されたトラックへ移動させるために、前記磁気記録システム及び前記磁気抵抗検出システムと機械的に結合されたアクチュエータ手段と、

を含むことを特徴とする磁気記憶システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は磁気媒体に記録した情報信号を読み取るための磁気センサに関する。

【0002】

【従来の技術】 従来から、磁気抵抗センサ（MRセンサとも呼ばれる）または磁気抵抗ヘッド（MRヘッドとも呼ばれる）と呼ばれる磁気読み取り変換器が知られている。このようなMRセンサ等は、大きな線密度（線形密度）で磁性体の表面からデータを読み取れることが知られている。MRセンサは、感知される磁束の強度及び磁束の方向の閾値として抵抗変化を生じる読み取り素子を利用し、抵抗変化として磁界信号を検出する。このような従来のMRセンサの上記読み取り素子は、その抵抗の1成分（1方向成分）が、その読み取り素子に印加される磁化の方向と、その素子を通る感知電流の方向がなす角度の余弦の2乗に比例して変化する。このような抵抗変化を生じる効果を異方性磁気抵抗（AMR）効果と呼ばれる。

【0003】 AMR効果のより詳しい説明は、D. A. トムソン（Thompson）等の論文“Memory, Storage, and Related Applications” IEEE Trans. on Mag. MAG-11, P. 1039(1975)に記載されている。このようなAMR効果を用いた磁気ヘッドではバルクハウゼンノイ

ズを抑圧するために、縦バイアスを印加することが多い。そして、この縦バイアスを印加する材料として、FeMn、NiMn、ニッケル酸化物などの反強磁性材料を用いる場合がある。

【0004】さらに最近においては、積層磁気センサの抵抗変化が、より顕著な磁気抵抗効果を生じる場合が知られている。この磁気抵抗効果は、非磁性層を挟んで位置する磁性層の間における電導電子のスピン依存性伝送及びそれに付随する層界面でのスピン依存性散乱に由来する。

【0005】このような磁気抵抗効果は、「巨大磁気抵抗効果」や「スピン・バルブ効果」など様々な名称で呼ばれている。このような磁気抵抗効果を利用した磁気抵抗センサは適当な材料で形成されており、前述したAMR効果を利用したセンサより、感度が改善され、また抵抗変化が大きいことが知られている。このように改善されたMRセンサでは、非磁性層で分離された一対の強磁性体層の間の平面内抵抗が、2つの層の磁化方向のなす角度の余弦に比例して変化する。

【0006】1988年6月16日を優先日とする特開平2-61572号公報には、磁性層内の磁化の反平行整列によって生じる高MR変化をもたらす積層磁性構造が記載されている。また、この積層構造で使用可能な材料として、上記公報には強磁性の遷移金属及び合金が挙げられている。また、中間層より分離している少なくとも2層の強磁性層の一方に、「固定させる層」を付加した構造及びこの固定させる層としてFeMnが適当であることが同号公報に開示されている。

【0007】1990年12月11日を優先日とする特開平4-358310号公報には、非磁性金属体の薄膜層によって仕切られた強磁性体の2層の薄膜層を有し、印加磁界が0である場合に2つの強磁性薄膜層の磁化方向が直交するMRセンサが開示されている。このMRセンサは、2つの非結合強磁性体層間の抵抗が、2つの層の磁化方向間の角度の余弦に比例して変化した、センサ中を通る電流の方向とは独立である旨が、同号公報に開示されている。

【0008】1990年8月22日を優先日とする特開平4-103014号公報には、強磁性層に他の中間層を挿入して多層膜とした強磁性トンネル接合素子が示されている。この強磁性トンネル接合素子は、少なくとも一層の強磁性層に反強磁性体からのバイアス磁界が印加されていることを特徴とするものである。

【0009】また、トンネル接合素子の自由磁性層としてCo、固定磁性層としてNiFeを用いた例が、日本応用磁気学会学術講演集要集、1996年、135ページに記載されている。

【0010】さらに、特開平10-65232号公報には、強磁性膜に使用するCo系磁性合金として、CoにFe、Ni、Pd、Hf等のうち、1種または2種を添

加する技術について開示がなされている。

【0011】また、特開平10-135038号公報には、フリー磁性層にCoZrNb、CoZrMo、FeCoB等を使用する技術が開示されている。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】トンネル接合素子において安定な磁気抵抗変化を実現するためには、非磁性層をより平坦に作成することが重要である。その理由は、非磁性層が平坦でない場合は、結果的に非磁性層の厚みにむらが発生し、その結果、リーク電流が生じてしまうためである。このようなリーク電流の発生は、抵抗変化率の減少を引き起こす。また、電流を流すことによって、膜厚の薄いところから破壊が起きやす、耐電圧特性が劣る結果を招いてしまう。

【0013】さて、従来のトンネル接合素子は、自由磁性層及び固定磁性層にCoもしくはNiFeを用いていた。しかしながら、これらの材料は、結晶質であるために、最表面に結晶構造に対応したラフネスが生じることになる。そのため、例えば「自由磁性層/非磁性非導電層/固定磁性層/固定させる層」という構成を採用し、自由磁性層に上記材料を用いた場合は、自由磁性層と非磁性層との界面のラフネスにより非磁性層が十分に平坦に作成されないという問題があった。また、「固定させる層/固定磁性層/非磁性非導電層/自由磁性層」という構成においても、固定磁性層に上記材料を用いると、同じ理由により非磁性層が十分に平坦に作成されなかった。いずれの場合も、抵抗変化率もしくは耐圧性の低下を招いてしまう。

【0014】本発明は、非磁性層が平坦に作成することによって、抵抗変化率が高い磁気抵抗変化素子を提供することを目的とする。このような非磁性層を平坦にすることにより、抵抗変化率が高くなるとともに、耐電圧特性にも優れた磁気抵抗効果素子を実現することが可能である。

【0015】

【課題を解決するための手段】まず、請求項1に係る発明は、「自由磁性層/非磁性非導電層/固定磁性層/固定させる層」、を基本構成とするトンネル接合素子を基本的前提としている。

【0016】そして、請求項1に係る発明においては、自由磁性層もしくは固定磁性層の少なくとも一部に、Co、または、NiFe、CoFeB、CoZrMo、CoZrNb、CoZr、CoZrTa、CoHf、CoTa、CoTaHf、CoFeTi、CoNbHf、CoHfPd、CoTaZrNb、CoZrMoNi合アモルファス磁性材料を用いたことを特徴とする。

【0017】これらの材料は、いずれもアモルファスもしくは結晶粒径の小さい結晶質であるので、膜厚が均一であり表面のラフネスが小さい。そのため、これらの磁性層上に形成される非磁性層もラフネス

の小さな平坦な膜となり、結果として抵抗変化率が高く、耐電圧特性に優れた磁気抵抗効果素子を得ることができ。

【0018】また、請求項2に示したように、「固定させる層/固定磁性層/非磁性非導電層/自由磁性層」を基本構成とするトンネル接合素子においても、同様に、自由磁性層もしくは固定磁性層の少なくとも一部に、上記材料を使用すれば、非磁性層のラフネスを小さくすることができ、請求項1に係る発明と同様の作用・効果を奏する。

【0019】また、これら請求項1、請求項2の発明に係る磁気抵抗効果素子を利用した磁気抵抗効果センサを構成すれば、磁気抵抗の変化の検出感度の向上したセンサが得られる。請求項3及び請求項4にこのようなセンサの発明が記載されている。

【0020】すなわち、請求項3に係る発明は、基板と、前記基板上に積層され、パターン化された下シールド層と、前記下シールド層上に積層され、パターン化された磁気抵抗効果素子と、前記磁気抵抗効果素子の端部に接するように積層されている縦バイアス層と、前記基板上に積層された下電極層と、前記縦バイアス層及び前記下電極層の上に積層された上シールド層と、が順次積層されているシールド型磁気抵抗効果素子において、前記磁気抵抗効果素子が、請求項1または2記載の磁気抵抗効果素子であることを特徴とする磁気抵抗効果センサである。

【0021】請求項3にかかる発明は、シールド型磁気抵抗効果センサに関するものであるが、同様の原理をシールド型磁気抵抗効果センサに応用することも可能である。このような発明が、請求項4に記載されている。

【0022】すなわち、請求項4に係る発明は、基板と、前記基板上に積層され、パターン化された下シールド層と、前記下シールド層上に積層され、パターン化された磁気抵抗効果素子と、前記磁気抵抗効果素子の上部に一部重なるように積層されている縦バイアス層と、前記磁気抵抗効果素子の上部に一部重なるように積層されている下電極層と、前記縦バイアス層及び前記下電極層の上に積層された上シールド層と、が順次積層されているシールド型磁気抵抗効果素子において、前記磁気抵抗効果素子が、請求項1または2記載の磁気抵抗効果素子であることを特徴とする磁気抵抗効果センサである。

【0023】また、上記請求項1及び請求項2の磁気抵抗効果素子に対して、絶縁層を介してヨークを配置した構成とすることも可能である。このような構成を採用した発明が請求項5及び請求項6に記載されている。

【0024】すなわち、請求項5に係る発明は、磁気抵抗効果素子に対して絶縁層を介してヨークを配置したヨーク型磁気抵抗効果素子において、前記磁気抵抗効果素子が、請求項1または2記載の磁気抵抗効果素子であることを特徴とするヨーク型磁気抵抗効果ヘッドであ

る。

【0025】このヨーク型磁気抵抗効果ヘッドによれば、種々の磁気記録媒体に記録されたデータを高感度で読みとることが可能である。

【0026】また、請求項6に係る発明は、磁気抵抗効果素子に対し、絶縁層を介してヨークを配置したフラックスガイド型磁気抵抗効果素子において、前記磁気抵抗効果素子が、請求項1または2記載の磁気抵抗効果素子であることを特徴とする磁気抵抗効果センサである。

【0027】このフラックスガイド型磁気抵抗効果素子によれば、フラックスの磁気変化を高感度で読みとることが可能である。

【0028】さて、上記請求項3、4、6の磁気抵抗効果センサを用いれば、高感度で磁気抵抗を検出することができシステムを得られる。

【0029】請求項7に係る発明は、請求項3、4または6のいずれかに記載の磁気抵抗効果センサと、前記磁気抵抗効果センサが検出する磁界の閾値として、上記磁気抵抗効果センサの抵抗率変化を検出する手段と、を備えたことを特徴とする磁気抵抗検出システムである。

【0030】さらに、この磁気抵抗検出システムを用いれば、トラックを有する記憶媒体を用いて、大容量で、かつ、高速にデータの読み出しが可能な磁気記憶システムを構築することができる。

【0031】すなわち、請求項8に係る発明は、データ記録のための複数のトラックを有する磁気記憶媒体と、前記磁気記憶媒体上にデータを記憶させるための磁気記録システムと、請求項7記載の磁気抵抗検出システムと、前記磁気記録システム及び前記磁気抵抗検出システムを、前記磁気記憶媒体の選択されたトラックへ移動させるために、前記磁気記録システム及び前記磁気抵抗検出システムとに機械的に結合されたアクチュエータ手段と、を含むことを特徴とする磁気記憶システムである。

【0032】**【発明の実施の形態】**以下、本発明の好適な実施の形態を図面に基づいて説明する。

【0033】**【実施の形態1】**本発明を適用したシールド型磁気抵抗効果素子としては、例えば図1に示されているような形態が好ましい。図1は、本実施の形態1に係るシールド型磁気抵抗効果素子を垂直方向に切断した様子を表す縦方向の断面図である。

【0034】図1に示されている形態では、まず、基板1上にシールド層2、下電極層3、磁気抵抗効果素子4、上シールド層5、上電極層6を、積層させている。磁気抵抗効果素子4はPR工程により適当な大きさ及び形状にパターン化されており、その端部に接するように（後述する図4参照）あるいは一部接するように（後述する図5参照）縦バイアス層7が配置されている。

【0035】下シールド層2と、下電極3との構成方法は種々考えられる。これらの構成を表す説明図が図2に示されている。図2(1)には、下電極3が下シールド層2の直上に形成されている例が示されている。また、図2(2)には、下電極3が下シールド層2の直下に形成されている例が示されている。また、図2(3)には、下電極3が下シールド層2の上に下ギャップ絶縁層100を介して形成されている例が示されている。また、図2(4)には、下電極3を下シールド層2とを兼用した場合の例が示されている。

【0036】また、上シールド層5と、上電極6との構成方法も種々考えられる。これらの構成を表す説明図が図3に示されている。図3(1)には、上シールド層5が、上電極6の直上に形成されている例が示されている。また、図3(2)には、上電極6が上シールド層5の直上に形成されている例が示されている。また、図3(3)には、上シールド層5が上電極6の上に上ギャップ絶縁層102を介して形成されている例が示されている。また、図3(4)には、上電極6を上シールド層5とを兼用した場合の例が示されている。

【0037】図4及び図5は、図1に示されているシールド型磁気抵抗効果素子の磁気抵抗効果素子4を中心とした平面図である。特に図4においては磁気抵抗効果素子4の端部に接するように縦バイアス層7が配置されており、図5においては磁気抵抗効果素子4の端部に一部接するように縦バイアス層7が配置されている。

【0038】図4のVI-VII線に沿った断面図が図6に示されている。この図に示されているように、下電極3上にパターン化された強磁性トンネル接合膜(磁気抵抗効果素子4)の端部に接するように、絶縁層104及び縦バイアス層7が配置されている。ここでは絶縁層104を介した例を示す。絶縁層104は、センス電流が縦バイアス層7を流れ、強磁性トンネル接合膜(磁気抵抗効果素子4)を流れなくなること防ぐ目的で設けられている。したがって、縦バイアス層7が非金属のように十分抵抗の高い材料である場合には、そのようなおそれは少ないため、絶縁層を形成することなく、直接に縦バイアス層7を形成することになる。

【0039】図5のVII-VII線に沿った断面図が図7に示されている。この図に示されているように、下電極3上には、パターン化された縦バイアス層7が設置されている。そして、この縦バイアス層7に一部乗り上げるようにパターン化された強磁性トンネル接合膜(磁気抵抗効果素子4)が配置される。さらにその上部には、パターン化された絶縁層104と上電極6とが順次積層されている。

【0040】図1に示されている形態の下シールド層2としては、NiFe、CoZr、CoFeB、CoZrMo、CoZrNb、CoZr、CoZrTa、CoHf、CoTa、CoTaHf、CoNbHf、CoZr

Nb、CoHfPd、CoTaZrNb、CoZrMoNi合金、FeAlSi、窒化鉄系材料等を用いることができ、膜厚は0.3~10 μ mの範囲で適用可能である。

【0041】下電極層3及び上電極層6としては、Zr、Ta、Moからなる単体もしくは合金もしくは混合物が望ましく、その膜厚範囲は0.01~0.10 μ mが好ましい。

【0042】縦バイアス層7としては、CoCrPt、CoCr、CoPt、CoCrTa、FeMn、NiMn、IrMn、PtPdMn、ReMn、PtMn、CrMn、Ni酸化物、鉄酸化物、Ni酸化物とCo酸化物の混合物、Ni酸化物とFe酸化物の混合物、Ni酸化物/Co酸化物2層膜、Ni酸化物/Fe酸化物2層膜等を用いることができる。

【0043】上シールド層5としては、NiFe、CoZr、またはCoFeB、CoZrMo、CoZrNb、CoZr、CoZrTa、CoHf、CoTa、CoTaHf、CoNbHf、CoZrNb、CoHfPd、CoTaZrNb、CoZrMoNi合金、FeAlSi、窒化鉄系材料等を用いることが好ましく、その膜厚は0.3~10 μ mの範囲で適用可能である。

【0044】【実施の形態2】本発明を適用したヨーク型ヘッドの形態の例が図8に示されている。

【0045】この図において、強磁性体の基板8には溝が形成され、この溝には非磁性絶縁体9が充填されている。強磁性体の基板8としては、例えば、NiZnフェライト、MnZnフェライト、MgZnフェライト等が使用され、非磁性絶縁体9には、例えば、アルミナ、SiO₂、窒化アルミニウム、窒化シリコン、ダイヤモンドドライカーボンが使用される。

【0046】この非磁性絶縁体9上には、下非磁性層10が設けられている。この下非磁性層10は、基板8の上面にも伸展している(図8参照)。

【0047】下非磁性層10の上面には、磁極13aと、電極12aと、上非磁性層11が隣接して設けられており、磁気抵抗効果素子4が、磁極13aと電極12aとの双方の上面に、双方にまたがるように設けられている。なお、磁気抵抗効果素子4の側面は図8に示されているように上非磁性層11に接している。

【0048】電極12aは、例えば、Auが好ましい。また、磁極13aは、例えば、NiFe、CoZr、またはCoFeB、CoZrMo、CoZrNb、CoZr、CoZrTa、CoHf、CoTa、CoTaHf、CoNbHf、CoZrNb、CoHfPd、CoTaZrNb、CoZrMoNi合金、FeAlSi、窒化鉄系材料、MnZnフェライト、NiZnフェライト、MgZnフェライトを採用することが好ましい。

【0049】また、図8の紙面に垂直な方向における磁気抵抗効果素子4の端部には、磁気抵抗効果素子磁区制

御用縦バイアス層が設けられている。この磁気抵抗効果素子磁区制御用縦バイアス層は、磁気抵抗効果素子4に一部重なるが接するように設けられている。一部重なる場合の平面図が図4に、そしてその断面図が図6においてそれぞれ示されている。また、接する場合の平面図が図5に、そしてその断面図が図7においてそれぞれ示されている。

【0050】なお、磁気抵抗効果素子磁区制御用縦バイアス層は、例えば、 CoCrPt 、 CoCr 、 CoPt 、 CoCrTa 、 FeMn 、 NiMn 、 Ni酸化物 、 NiCo酸化物 、 IrMn 、 PtPdMn 、 ReMn 等を用いるのが好ましい。

【0051】なお、図8に示されているように、磁極13bが基板8から上非磁性層11を覆うように伸延し、磁気抵抗効果素子4まで到達するように設けられている。また、電極12bが磁気抵抗効果素子4の上面に設けられており、この電極12bの側面は磁極13bと接している。電極12aや磁極13bの材質は、上記電極12aや磁極13aと同様のものが好ましい。

【0052】【実施の形態3】本発明を適用したフラックスガイド型ヘッドの構成図が図9に示されている。

【0053】基板20上には、下シールド21が設けられている。この下シールド21の上面には、電極22と、磁極23が隣接するように設けられている。

【0054】下シールド21は、例えば、 NiFe 、 CoZr 、または CoFeB 、 CoZrMo 、 CoZrNb 、 CoZr 、 CoZrTa 、 CoHf 、 CoTa 、 CoTaHf 、 CoNbHf 、 CoZrNb 、 CoHfPd 、 CoTaZrNb 、 CoZrMoNi 合金、 FeAlSi 、窒化鉄系材料、 MnZn フェライト、 NiZn フェライト、 MgZn フェライト等を用いるのが好ましい。

【0055】また、電極22aは、例えば、 Au を用いるのが好ましく、磁極23aは、例えば、 NiFe 、 CoZr 、または CoFeB 、 CoZrMo 、 CoZrNb 、 CoZr 、 CoZrTa 、 CoHf 、 CoTa 、 CoTaHf 、 CoNbHf 、 CoZrNb 、 CoHfPd 、 CoTaZrNb 、 CoZrMoNi 合金、 FeAlSi 、窒化鉄系材料、 MnZn フェライト、 NiZn フェライト、 MgZn フェライト等を用いるのが好ましい。

【0056】そして、磁気抵抗効果素子4が、電極22a及び磁極23aの上面に双方にまたがるように形成されている。

【0057】磁気抵抗効果素子4の上面には、電極22bと磁極23bが設けられている。これら電極22bと磁極23bは、図9に示されているように、ともに磁気抵抗効果素子4の上面に接するように設けられている。

【0058】さらに、電極22bと磁極23bの上面には、上シールド24が形成されている。この上シールド

24は、例えば、 NiFe 、 CoZr 、または CoFeB 、 CoZrMo 、 CoZrNb 、 CoZr 、 CoZrTa 、 CoHf 、 CoTa 、 CoTaHf 、 CoNbHf 、 CoZrNb 、 CoHfPd 、 CoTaZrNb 、 CoZrMoNi 合金、 FeAlSi 、窒化鉄系材料、 MnZn フェライト、 NiZn フェライト、 MgZn フェライトを用いるのが好ましい。

【0059】また、図9の紙面に垂直な方向における磁気抵抗効果素子4の端面には、磁気抵抗効果素子磁区制御用縦バイアス層が設けられている。この磁気抵抗効果素子磁区制御用縦バイアス層は、磁気抵抗効果素子4に一部重なるが接するように設けられている。一部重なる場合の平面図が図4に、そしてその断面図が図6においてそれぞれ示されている。また、接する場合の平面図が図5に、そしてその断面図が図7それぞれ示されている。

【0060】磁気抵抗効果素子磁区制御用縦バイアス層は、例えば、 CoCrPt 、 CoCr 、 CoPt 、 CoCrTa 、 FeMn 、 NiMn 、 Ni酸化物 、 NiCo酸化物 、 IrMn 、 PtPdMn 、 ReMn を用いるのが好ましい。

【0061】【実施の形態4】これらのシールド型素子、ヨーク型素子、及びフラックスガイド型素子を用いて、インダクティブコイルによる書き込みヘッド部を形成することができる。このインダクティブコイルによる書き込みヘッド部は、記録再生一体型ヘッド（単に記録再生ヘッドとも呼ぶ）として用いることができる。

【0062】図10には記録再生ヘッドの概念図が示されている。記録再生ヘッドは、本発明の素子を用いた再生ヘッドと、インダクティブ型の記録ヘッドから構成されている。この図に示されている例は、長手磁気記録用の記録ヘッドとの搭載例を示したが、本発明の磁気抵抗効果素子を垂直磁気記録用ヘッドと組み合わせ、垂直記録に用いることも好ましい。

【0063】また、図10ではシールド型素子を例に説明するが、ヨーク型素子及びフラックスガイド型素子を適用することもできる。図10において、ヘッドは、以下のような構成を採用している。まず、基板（図示されていない）上に下シールド/下電極42が設けられている。下シールド/下電極42上には磁気抵抗効果素子45が設けられており、その上面には上シールド/上電極43が形成されている。これら磁気抵抗効果素子45と、上シールド/上電極43とによって、再生ヘッドが形成されている。

【0064】また、磁極（図10では上シールド/上電極を兼ねている）43の上部には、コイル41が設けられており、その上に上磁極44が設けられている。これら磁極43と、コイル41と、上磁極44とから記録ヘッドが形成されている。

【0065】なお、上部シールド膜と下部磁性膜とを共

通の構造としても、また、別個に設けてもかまわない。

【0066】このような構成のヘッドにより、記録媒体上に信号を書き込み、また、記録媒体から信号を読み取るのである。再生ヘッドの感知部分と、記録ヘッドの磁気ギャップはこのように同一スライダ上に重ねた位置に形成することで、記録媒体の同一トラックに同時に位置決めができる。このヘッドをスライダに加工し、磁気記録再生装置に搭載する。

【0067】【実施の形態5】図11には本発明の磁気抵抗効果素子を用いた磁気記録再生装置の概念図が示されている。この図に示されているように、ヘッドスライダを兼ねている基板（図示せず）上に、下シールド/下電極52、磁気抵抗効果素子51及び上シールド/上電極50を順に形成し、ヘッドを構成している。

【0068】そして、このヘッドを、記録媒体53上に位置決めして再生を行う。記録媒体53は回転し、ヘッドスライダは記録媒体53の上を、0.2μm以下の高さ、あるいは接触状態で対向して相対運動する。この機構により、磁気抵抗効果素子51は記録媒体53に記録された磁気的信号を、その漏れ磁界54の強度から読み取ることでできる位置に設定されるのである。

【0069】【実施の形態6】本発明に係る磁気抵抗効果素子としては以下の構成のものを用いることが好ましい。

【0070】（1）基体/下地層/フリー磁性層/非磁性非導電層/固定磁性層/固定させる層/保護層

（2）基体/下地層/フリー磁性層/第1MRエンハンス層/非磁性非導電層/固定磁性層/固定させる層/保護層

（3）基体/下地層/フリー磁性層/非磁性非導電層/第2MRエンハンス層/固定磁性層/固定させる層/保護層

（4）基体/下地層/フリー磁性層/第1MRエンハンス層/非磁性非導電層/第2MRエンハンス層/固定磁性層/固定させる層/保護層

（5）基体/下地層/固定させる層/固定磁性層/非磁性非導電層/フリー磁性層/保護層

（6）基体/下地層/固定させる層/固定磁性層/第1MRエンハンス層/非磁性非導電層/フリー磁性層/保護層

（7）基体/下地層/固定させる層/固定磁性層/非磁性非導電層/第2MRエンハンス層/フリー磁性層/保護層

（8）基体/下地層/固定させる層/固定磁性層/第1MRエンハンス層/非磁性非導電層/第2MRエンハンス層/フリー磁性層/保護層

ここで、金属下地層としては、Zr、もしくはZrに他元素を添加した材料、を用いることが好ましい。添加元素としてはTa、Hf、Zr、W、Cr、Ti、Mo、Pt、Ni、Ir、Cu、Ag、Co、Zn、Ru、R

h、Re、Au、Os、Pd、Nb、V等が適当である。

【0071】フリー磁性層としては、NiFe、CoFe、NiFeCo、FeCo、CoFeB、CoZrMo、CoZrNb、CoZr、CoZrTa、CoHf、CoTa、CoTaHf、CoNbHf、CoZrNb、CoHfPd、CoTaZrNb、CoZrMoNi合金またはアモルファス磁性材料を用いることが好ましい。

【0072】非磁性層としては、金属、酸化物、窒化物、酸化物と窒化物の混合物もしくは金属/酸化物2層膜、金属/窒化物2層膜、金属/（酸化物と窒化物との混合物）2層膜、を用いるのが好ましい。

【0073】この2層膜は、Ti、V、Cr、Co、Cu、Zn、Y、Zr、Nb、Mo、Tc、Ru、Rh、Pd、Ag、Hf、Ta、W、Re、Os、Ir、Pt、Au、または、Si、Al、Ti、Taのグループからなる酸化物及び窒化物の単体もしくは混合物、またはTa、Hf、Zr、W、Cr、Ti、Mo、Pt、Ni、Ir、Cu、Ag、Co、Zn、Ru、Rh、Re、Au、Os、Pd、Nb、V、Yのグループの少なくとも1つの元素からなる、単体もしくは合金を上記酸化物及び窒化物の単体もしくは混合物と組み合わせた2層膜が好ましく、実際に利用する場合の有力な候補となるであろう。

【0074】第1及び第2MRエンハンス層としてはCo、NiFeCo、FeCo等、またはCoFeB、CoZrMo、CoZrNb、CoZr、CoZrTa、CoHf、CoTa、CoTaHf、CoNbHf、CoZrNb、CoHfPd、CoTaZrNb、CoZrMoNi合金またはアモルファス磁性材料を用いる。

【0075】また、MRエンハンス層を用いない場合は、用いた場合に比べて若干MR比が低くなるが、用いない分だけ作製に要する工程数は低減する。

【0076】固定磁性層としては、Co、Ni、Feをベースにするグループからなる単体、合金、または積層膜を用いるのが好ましい。

【0077】固定させる層としては、FeMn、NiMn、IrMn、RhMn、PtPdMn、ReMn、PtMn、PtCrMn、CrMn、CrAl、TbCo、Ni酸化物、Fe酸化物、Ni酸化物とCo酸化物の混合物、Ni酸化物とFe酸化物の混合物、Ni酸化物/Co酸化物2層膜、Ni酸化物/Fe酸化物2層膜、CoCr、CoCrPt、CoCrTa、PtCoなどをを用いることが好ましい。特に、PtMnもしくはPtMnにTi、V、Cr、Co、Cu、Zn、Y、Zr、Nb、Mo、Tc、Ru、Rh、Pd、Ag、Hf、Ta、W、Re、Os、Ir、Pt、Au、Si、Al、Ti、Taを添加した材料は実際に装置を製造する際の有力な候補となるであろう。

【0078】保護層としては、金属、酸化物、窒化物、酸化物と窒化物の混合物もしくは金属/酸化物2層膜、金属/窒化物2層膜、金属/(酸化物と窒化物との混合物)2層膜、を用いるのが好ましい。

【0079】この2層膜は、Ti、V、Cr、Co、Cu、Zn、Y、Zr、Nb、Mo、Tc、Ru、Rh、Pd、Ag、Hf、Ta、W、Re、Os、Ir、Pt、Au、または、Si、Al、Ti、Taのグループからなる酸化物及び窒化物の単体もしくは混合物、またはTa、Hf、Zr、W、Cr、Ti、Mo、Pt、Ni、Ir、Cu、Ag、Co、Zn、Ru、Rh、Re、Au、Os、Pd、Nb、V、Yのグループの少なくとも1つの元素からなる、単体もしくは合金を上記酸化物及び窒化物の単体もしくは混合物と組み合わせた2層膜が好ましく、実際に機器を構成する際の有力な候補となるであろう。

【0080】数値による実施例
以下、磁気抵抗効果素子の構成について実際の数値に基づき説明する。

【0081】【実施例1】ガラス基板/Ta(3nm)/自由磁性層(8nm)/Al酸化物(2nm)/Ni₈₂Fe₁₈(3nm)/Pt₄₆Mn₅₄(25nm)/Ta(3nm)という構成で自由磁性層の種類を変えて磁気抵抗効果素子を作成した結果を示す。

【0082】作成には、DCマグネトロンスパッタ装置を用い、成膜電流は0.1A、成膜ガス圧は2mmTorrとした。Al酸化物の形成は、まず2nmのAl膜を形成し、膜形成後に背圧が 2×10^{-9} Torrの真空チャンバー内において 4×10^{-4} Torrのガス圧になるまで純O₂を導入し1時間保持することによりAlを自然酸化させた。成膜後に、5000eの直流磁界中において、250℃、5時間で熱処理を施した。この場合の抵抗変化率を以下の表1に示す。

【0083】

【表1】

自由磁性層種類	MR比(%)
Co	14
Ni ₈₂ Fe ₁₈	9
Co ₈₄ Fe ₉ B ₇	18
Co ₈₂ Zr ₉ Mo ₉	16
Co ₉₂ Zr ₆ Nb ₂	19
Co ₉₈ Zr ₇	15
Co ₉₂ Zr ₄ Ta ₄	16
Co ₉₆ Hf ₄	16
Co ₉₅ Ta ₅	17
Co ₉₅ Ta ₈ Hf ₂	18
Co ₈₆ Fe ₁₀ Ti ₄	17
Co ₉₁ Nb ₇ Hf ₇	17
Co ₉₅ Hf ₈ Pd ₂	16
Co ₉₂ Ta ₁ Zr ₁ Nb ₆	17
Co ₉₂ Zr ₆ Mo ₁ Ni ₁	17

【0084】この実験結果において、自由磁性層がCo及びNiFeの場合は従来の例に相当するが、それ以外の場合が本発明の適用例に相当する。いずれの場合も従来例よりMR比が高いという結果が得られた。

【0085】【実施例2】MR比が高い理由を調べる目的で、ガラス基板/Ta(3nm)/自由磁性層(8nm)という膜を作成し、表面のラフネスをAFMにより観測した。表面ラフネスは膜の平均粗さRaで示す(後述する表2参照)。また、ガラス基板/Ta(3nm)/自由磁性層(8nm)/Al酸化物(2nm)という膜も作成し、自由磁性層とAl酸化物の界面ラフネスをX線反射率測定装置により観測した。X線反射率測定とは、サンプル表面に極低角度に入力させたときに発生する全反射臨界角度以降のX線プロファイルを解析するものである。これらの解析により、膜厚、界面ラフネス、密度等の情報を得ることが可能になる。得られたX線プロファイル情報をシミュレーションフィッティングすることにより、反射係数の実数項と虚数項、すなわち密度、吸収等の物質定数を得ることができる方法である。AFMによる表面ラフネス及びX線による界面ラフネスの測定結果を表2に示す。

【0086】

【表2】

自由磁性層種類	表面粗さ (nm)	界面粗さ (nm)
Co	1	1.2
Ni ₈₂ Fe ₁₈	0.8	0.9
Co ₈₄ Fe ₉ B ₇	0.2	0.2
Co ₈₂ Zr ₉ Mo ₉	0.1	0.2
Co ₉₂ Zr ₆ Nb ₂	0.1	0.2

【0087】自由磁性層にCoやNiFeを用いた場合と比較して、CoFeB、CoZrNb、及びCoZrMoは表面ラフネス及び界面ラフネスが格段にフラットであることがわかる。これらの材料はアモルファスもしくは微結晶であることが知られており、このことが表面及び界面ラフネスのフラット化に寄与しているものと思われる。そして自由磁性層とAl酸化物層との界面のフラットさが、Al酸化物層の膜厚の均一性に寄与し、結果的にAl酸化物層におけるリーク電流が低減されることから、MR比が向上するものと考察される。上記表1に示した他の材料もアモルファスもしくは微結晶であることが知られており、上記表2では測定はしなかったが自由磁性層とAl酸化物層との界面の平坦性が同様にMR比の向上に寄与しているものと考えられる。

【0088】【実施例3】次に、ガラス基板/Ta (3 nm) /自由磁性層 (8 nm) /Co₉₀Fe₁₀ (2 nm) /Al酸化物 (2 nm) /Ni₈₂Fe₁₈ (3 nm) /Pt₄₆Mn₅₄ (25 nm) /Ta (3 nm) という構成で自由磁性層の種類を変えて磁気抵抗効果素子を作成した。

【0089】作成にはDCマグネトロンスパッタ装置を用い、成膜電流は0.1A、成膜ガス圧は2mmTorrとした。Al酸化物の形成は、まず2nmのAl膜を形成し、膜形成後に背圧が 2×10^{-9} Torrの真空チャンバー内において 4×10^{-4} Torrのガス圧になるまで純O₂を導入し1時間保持することによりAlを自然酸化させた。成膜後に、500Oeの直流磁界中において、250℃、5時間で熱処理を施した。この場合の抵抗変化率を次の表3に示す。

【0090】

【表3】

自由磁性層種類	MR比 (%)
Co	14
Ni ₈₂ Fe ₁₈	13
Co ₈₄ Fe ₉ B ₇	24
Co ₈₂ Zr ₉ Mo ₉	23
Co ₉₂ Zr ₆ Nb ₂	24
Co ₉₈ Zr ₇	22
Co ₉₂ Zr ₄ Ta ₄	21
Co ₉₆ Hf ₄	21
Co ₉₅ Ta ₅	20
Co ₉₅ Ta ₈ Hf ₂	22
Co ₈₆ Fe ₁₀ Ti ₄	23
Co ₉₁ Nb ₇ Hf ₇	23
Co ₉₅ Hf ₈ Pd ₂	22
Co ₉₂ Ta ₁ Zr ₁ Nb ₆	21
Co ₉₂ Zr ₆ Mo ₁ Ni ₁	21

【0091】この実験結果において、自由磁性層がCo及びNiFeの場合は従来の例に相当するが、それ以外の場合が本発明の適用例に相当する。いずれの場合も従来の例よりMR比が高いという結果が得られた。

【実施例4】次に、ガラス基板/Ta (3 nm) /Pt₄₆Mn₅₄ (25 nm) /固定磁性層 (5 nm) /Co₉₀Fe₁₀ /Al酸化物 (2 nm) /Co₉₀Fe₁₀ (2 nm) /自由磁性層 (3 nm) /Ta (3 nm) という構成で自由磁性層の種類を変えて磁気抵抗効果素子を作成した。

【0092】作成にはDCマグネトロンスパッタ装置を用い、成膜電流は0.1A、成膜ガス圧は2mmTorrとした。Al酸化物の形成は、まず2nmのAl膜を形成し、膜形成後に背圧が 2×10^{-9} Torrの真空チャンバー内において 4×10^{-4} Torrのガス圧になるまで純O₂を導入し1時間保持することによりAlを自然酸化させた。成膜後に、500Oeの直流磁界中において、250℃、5時間で熱処理を施した。この場合の抵抗変化率を次の表4に示す。

【0093】

【表4】

自由磁性層種類	固定磁性層種類	MR比 (%)
Co	Ni82Fe18	13
Co84Fe9B7	Co84Fe9B7	23
Co84Fe9B7	Co82Zr9Mo9	22
Co84Fe9B7	Co92Zr6Nb2	22
Co82Zr9Mo9	Co84Fe9B7	23
Co82Zr9Mo9	Co82Zr9Mo9	22
Co82Zr9Mo9	Co92Zr6Nb2	24
Co92Zr6Nb2	Co84Fe9B7	22
Co92Zr6Nb2	Co82Zr9Mo9	22
Co92Zr6Nb2	Co92Zr6Nb2	22

【0094】この実験結果において、自由磁性層がCo及びNiFeの場合が従来の例に相当し、それ以外の場合が本発明の適用例に相当する。いずれの場合も従来例よりMR比が高いという結果が得られた。

【実施例5】次に、ガラス基板/Ta (3nm)/Pt 46Mn54 (25nm)/固定磁性層 (5nm)/Al酸化物 (2nm)/Co90Fe10 (2nm)/Ni82Fe18 (3nm)/Ta (3nm) という構成で自由磁性層の種類を変えて磁気抵抗効果素子を作成した。

【0095】作成にはDCマグネトロンスパッタ装置を用い、成膜電流は0.1A、成膜ガス圧は2mmTorrとした。Al酸化物の形成は、まず2nmのAl膜を形成し、膜形成後に背圧が 2×10^{-9} Torrの真空チャンバー内において 4×10^{-4} Torrのガス圧になるまで純O₂を導入し1時間保持することによりAlを自然酸化させた。成膜後に、500Oeの直流磁界中において、250℃、5時間で熱処理を施した。この場合の抵抗変化率を次の表5に示す。

【0096】

【表5】

自由磁性層種類	MR比 (%)
Co	15
Ni82Fe18	10
Co84Fe9B7	17
Co82Zr9Mo9	18
Co92Zr6Nb2	17
Co98Zr7	16
Co92Zr4Ta4	17
Co96Hf4	16
Co95Ta5	16
Co95Ta3Hf2	17
Co86Fe10T14	16
Co91Nb7Hf7	18
Co95Hf3Pd2	17
Co92Ta12Zr1Nb6	17
Co92Zr6Mo1Ni1	17

【0097】この実験結果において、自由磁性層がCo及びNiFeの場合が従来の例に相当し、それ以外の場合が本発明の適用例に相当する。いずれの場合も従来例よりMR比が高いという結果が得られた。

【実施例6】次に、ガラス基板/Ta (3nm)/Pt 46Mn54 (25nm)/固定磁性層 (5nm)/Co90Fe10 (2)/Al酸化物 (2nm)/Co90Fe10 (2nm)/自由磁性層 (3nm)/Ta (3nm) という構成で自由磁性層の種類を変えて磁気抵抗効果素子を作成した。

【0098】作成にはDCマグネトロンスパッタ装置を用い、成膜電流は0.1A、成膜ガス圧は2mmTorrとした。Al酸化物の形成は、まず2nmのAl膜を形成し、膜形成後に背圧が 2×10^{-9} Torrの真空チャンバー内において 4×10^{-4} Torrのガス圧になるまで純O₂を導入し1時間保持することによりAlを自然酸化させた。成膜後に、500Oeの直流磁界中にお

いて、250℃、5時間で熱処理を施した。この場合の抵抗変化率を次の表6に示す。

【0099】
【表6】

自由磁性層種類	固定磁性層種類	MR比(%)
Co	N182Fe18	14
Co84Fe9B7	Co84Fe9B7	24
Co84Fe9B7	Co82Zr9Mo9	25
Co84Fe9B7	Co92Zr6Nb2	24
Co82Zr9Mo9	Co84Fe9B7	23
Co82Zr9Mo9	Co82Zr9Mo9	24
Co82Zr9Mo9	Co92Zr6Nb2	23
Co92Zr6Nb2	Co84Fe9B7	25
Co92Zr6Nb2	Co82Zr9Mo9	24
Co92Zr6Nb2	Co92Zr6Nb2	24

【0100】この実験結果において、自由磁性層及び固定磁性層がCoの場合が従来の例に相当し、それ以外の場合が本発明の適用例に相当する。いずれの場合も従来例よりMR比が高いという結果が得られた。

【0101】【実施の形態7】図1に示したタイプのシールド型素子に本発明の磁気抵抗効果素子を適用した。このとき、下シールド層としてはNiFeを用いた。磁気抵抗効果膜としては、/Ta(3nm)/Pt46Mn54(25nm)/Co92Zr6Nb2(5nm)/Co90Fe10(2nm)/Al酸化物(2nm)/Co90Fe10(2nm)/Co92Zr6Nb2(5nm)を用いた。膜形成後は250℃、5時間の熱処理を成膜時の磁界とは直交する方向に5000eの磁界を印加しつつ行った。磁気抵抗効果膜はフォトレジスト工程により1×1μmの大きさに加工して磁気抵抗効果素子とした。パターン化された膜端部に接するようにCoCrPtを積層した。上シールド層としてはNiFeを用いた。このヘッドを図10のような記録再生一体型ヘッドに加工及びスライダ加工し、CoCrTa系媒体上にデータを記録再生した。この際、書き込みトラック幅は1.5μm、読み込みギャップは0.2μm、読み込みトラック幅は1.0μmとした。書き込みヘッド部のコイル部作成時のフォトレジスト硬化工程は250℃、2時間とした。この工程により、本来は素子高さ方向を向いていなければならない固定層及び固定させる層の磁化方向が回転し、磁気抵抗効果素子として動作しなくなったので、再生ヘッド部及び記録ヘッド部作成終了後に、200℃、5000e磁界中、1時間の着磁熱処理を行った。この着磁熱処理による自由磁性層の磁化容易軸の着磁方向への回転は、磁化曲線からほとんど観測されなかった。媒体の保磁力は2.5kOeとした。記録マーク長を変えて再生出力を測定した。この時の記録再生出力は2.4mV、S/Nは29dB、再生出力が半減するマーク長(周波数)は239

kFCI、ビットエラーレートは10⁻⁶以下であった。また、再生波形の対称性も良好であった。

【0102】【実施の形態8】図8に示したタイプのヨーク型素子における磁気抵抗効果素子に本発明の磁気抵抗効果素子を適用した。このとき、基体にはMnZnフェライト、非磁性絶縁体には酸化Si、下非磁性層及び上非磁性層にはAl酸化物、電極にはAu、磁極にはTa(3nm)とNiFe(10nm)とを交互に積層してトータルの厚みを200nmにした膜を用いた。磁気抵抗効果膜としては、/Ta(3nm)/Pt46Mn54(25nm)/Co82Zr9Mo9(5nm)/Co90Fe10(2nm)/Al酸化物(2nm)/Co90Fe10(2nm)/Co82Zr9Mo9(3nm)/Ta(3nm)を用いた。膜形成後は250℃、5時間の熱処理を成膜時の磁界とは直交する方向に5000eの磁界を印加しつつ行った。磁気抵抗効果膜は、フォトレジスト工程により1×1μmの大きさに加工して磁気抵抗効果素子とした。パターン化された膜端部に接するようにCoCrPtを積層した。このヘッドを図10のような記録再生一体型ヘッドに加工及びスライダ加工し、CoCrTa系媒体上にデータを記録再生した。この際、書き込みトラック幅は1.5μm、書き込みギャップは0.2μm、読み込みトラック幅は1.0μmとした。書き込みヘッド部のコイル部作成時のフォトレジスト硬化工程は250℃、2時間とした。この工程により、本来は素子高さ方向を向いていなければならない固定層及び固定させる層の磁化方向が回転し、磁気抵抗効果素子として動作しなくなったので、再生ヘッド部及び記録ヘッド部作成終了後に、200℃、5000e磁界中、1時間の着磁熱処理を行った。この着磁熱処理による自由磁性層の磁化容易軸の着磁方向への回転は、磁化曲線からほとんど観測されなかった。媒体の保磁力は2.5kOeとした。記録マーク長を変えて再生出力を測定した。この時の記録再生出力は3.1

mV、S/Nは34dB、再生出力が半減するマーク長（周波数）は277kFCI、ビットエラーレートは10⁻⁶以下であった。また、再生波形の対称性も良好であった。

【0103】【実施の形態9】図9に示したタイプのフラックスガイド型素子に本発明の磁気抵抗効果素子を用いた。このとき、下シールド及び上シールドにはNiFeを、電極にはAu、磁極にはTa（3nm）とNiFe（10nm）とを交互に積層してトータルの厚みを200nmにした膜を用いた。磁気抵抗効果膜としては、Ta（3nm）/Pt46Mn54（25nm）/Co84Fe9B7（5nm）/Co90Fe10（2nm）/Al酸化物（2nm）/Co90Fe10（2nm）/Co84Fe9B7（3nm）/Ta（3nm）とした。膜形成後には250℃、5時間の熱処理を成膜時の磁界とは直交する方向に500Oeの磁界を印加しつつ行った。磁気抵抗効果膜はフォトレジスト工程により1×1μmの大きさに加工して磁気抵抗効果素子とした。パターン化された膜端部に接するようにCoCrPtを積層した。このヘッドを図10のような記録再生一体型ヘッドに加工及びスライダ加工し、CoCrTa系媒体上にデータを記録再生した。この際、書き込みトラック幅は1.5μm、書き込みギャップは0.2μm、読み込みトラック幅は1.0μmとした。書き込みヘッド部のコイル部作成時のフォトレジスト硬化工程は250℃、2時間とした。この工程により、本来は素子高き方向を向いていなければならない固定層及び固定させる層の磁化方向が回転し、磁気抵抗効果素子として正しく動作しなくなったので、再生ヘッド部及び記録ヘッド部作成終了後に、200℃、500Oe磁界中、1時間の着磁熱処理を行った。この着磁熱処理による自由磁性層の磁化容易軸の着磁方向への回転は、磁化曲線からほとんど観測されなかった。媒体の保磁力は2.5kOeとした。記録マーク長を変えて再生出力を測定した。この時の記録再生出力は1.9mV、S/Nは28dB、再生出力が半減するマーク長（周波数）は287kFCI、ビットエラーレートは10⁻⁶以下であった。また、再生波形の対称性も良好であった。

【0104】【実施の形態10】次に、本発明を適用して試作された磁気ディスク装置の説明をする。磁気ディスク装置はベース上に3枚の磁気ディスクを備え、ベース裏面には、ヘッド駆動回路及び信号処理回路と入出力インターフェイスとが収容されている。外部とは32ビットのバスラインで接続される。各磁気ディスクごとに磁気ディスクの両面にヘッドが設けられており、3枚の磁気ディスクで合計6個のヘッドが配置されている。ヘッドを駆動するためのロータリーアクチュエータとその駆動及び制御回路、ディスク回転用スピンドル直結モータが搭載されている。ディスクの直径は4.6mmであり、データ面は直径10mmから40mmまでを使用す

る。埋め込みサーボ方式を用い、サーボ面を有しないため高密度化が可能である。本装置は、小型コンピュータの外部記憶装置として直接接続が可能になる。入出力インターフェイスには、キャッシュメモリを搭載し、転送速度が毎秒5から20メガバイトの範囲であるバスラインに対応する。また、外部コントローラを置き、本装置を複数台接続することにより、大容量の磁気ディスク装置を構成することも可能である。

【0105】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の適用により、従来の磁気抵抗効果膜より、抵抗変化率が高い磁気抵抗効果膜を得ることが可能となった。

【0106】さらに、この膜を用いることによって、記録再生出力及びS/Nが高い磁気抵抗効果センサ及びシステムを得ることが可能となった。

【図面の簡単な説明】

【図1】シールド型センサの代表的な構成を表す構成図である。

【図2】縦バイアス膜の配置を表す概念図である。

【図3】縦バイアス膜の他の配置を表す概念図である。

【図4】磁気抵抗効果素子の端部に接するように縦バイアス層が設置されている例を表す平面図である。

【図5】磁気抵抗効果素子の端部に一部接するように縦バイアス層が設置されている例を表す平面図である。

【図6】図4のVI-VII線に沿った断面図である。

【図7】図5のVII-VII線に沿った断面図である。

【図8】ヨーク型磁気抵抗センサの代表的な構成を表す構成図である。

【図9】フラックスガイド型磁気抵抗センサの代表的な構成を表す構成図である。

【図10】記録再生ヘッドの主要な構成を表す概念図である。

【図11】磁気記録再生装置の主要な構成を表す概念図である。

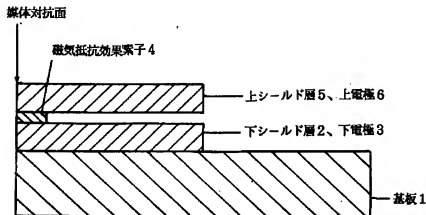
【符号の説明】

- 1 基板
- 2 下シールド層
- 3 下電極
- 4 磁気抵抗効果素子
- 5 上シールド層
- 6 上電極
- 7 縦バイアス膜
- 8 基体
- 9 非磁性絶縁体
- 10 下非磁性層
- 11 上非磁性層
- 12 電極
- 13 磁極
- 20 基板
- 21 下シールド

- 2 2 電極
- 2 3 磁極
- 2 4 上シールド
- 4 1 コイル
- 4 2 下シールド/下電極
- 4 3 上シールド/上電極/磁極
- 4 4 上磁極

- 4 5 磁気抵抗効果素子
- 4 6 A B S 面
- 5 0 上シールド/上電極
- 5 1 磁気抵抗効果素子
- 5 2 下シールド
- 5 3 記録媒体
- 5 4 媒体からの漏れ磁界

【図 1】



【図 2】

- (1) 下電極が下シールドの直上に形成した場合



- (2) 下電極が下シールドの直上に形成した場合



- (3) 下電極が下シールドの上にギャップ層を介して形成した場合

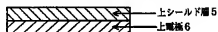


- (4) 下電極と下シールドとを兼用した場合

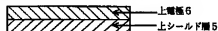


【図 3】

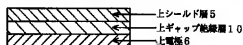
- (1) 上シールドが上電極の直上に形成した場合



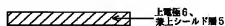
- (2) 上電極が上シールドの直上に形成した場合



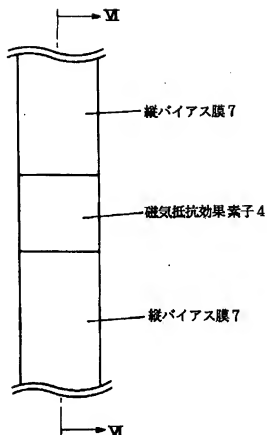
- (3) 上シールドが上電極の上にギャップ層を介して形成した場合



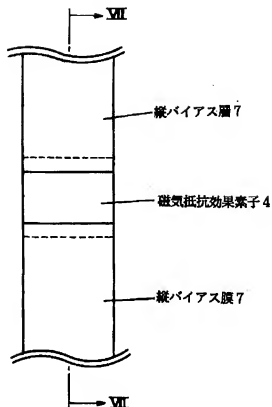
- (4) 上電極と上シールドとを兼用した場合



【図4】



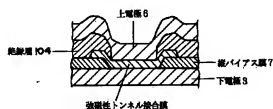
【図5】



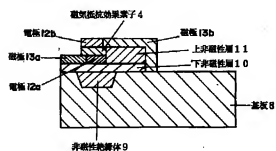
【図6】



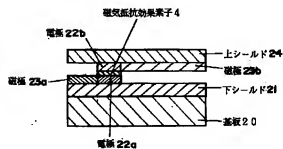
【図7】



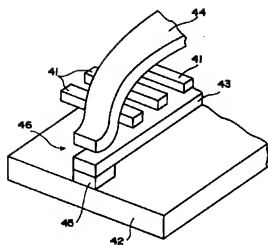
【図8】



【図9】



【図10】



【図11】

